سلسلة تربية محاصيل الخضر

تربية الثوميات

البصل – الثوم – الخضر الثومية الثانوية

تأليف

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ الخضر المتفرغ

كلية الزراعة – جامعة القاهرة

تربية الثوميات

البصل – الثوم – الخضر الثومية الثانوية

حسـن، أحمد عبد المنعم
تربية الثوميات: البصل – الثوم – الخضر الثومية الثانوية
تأليف: أحمد عبد المنعم حسـن.
ط١.- القاهرة: - ٢٠٢١ م - ١٤٤٢ هـ
١٦٩ ص, ١٧ × ٢٤- (سلسلة تربية محاصيل الخضر).
١. تربية محاصيل الخضر
٢. تربية النبات
أ. العنوان

الطبعة الأولى

١٤٤٢هـ - ٢٠٢١م

محتويات الكتاب

صفحة

الفصل الأول

الفصل الثانى

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

الفصل الأول

تعريف بالثوميات

التقسيم النباتى للثوميات

تنتمى جميع الثوميات للجنس *Allium*، ويوضع الجنس *Allium* والأجناس القريبة منه فى عائلة مستقلة تُعرف باسم العائلة الثومية Alliaceae، وهى قريبة تقسيميًّا من العائلة Amaryllidaceae.

ويتسلسل الجنس *Allium* تقسيميًّا، كما يلى:

Class Monocotyledones

Suborder Liliiflorae

Order Asparagales

Family Aliaceae

Tribe Alieae

Genus *Allium*

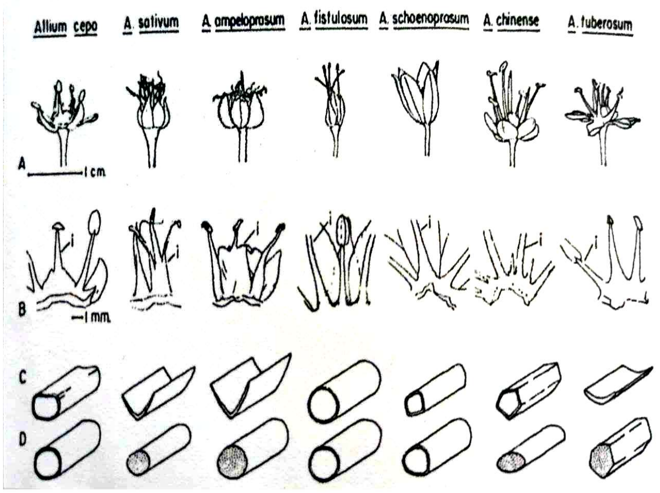
يتضمن الجنس أكثر من ٥٠٠ نوع معمر ومعظمها يكون أبصالاً (عن Hanlet ١٩٩٠). ويعطى المرجع (Hanlet ١٩٩٠) تفاصيل كثيرة بخصوص التقسيم النباتى، والتطور، وتاريخ زراعة واستئناس الثوميات.

ولقد قام Hanlet عام ١٩٩١ (عن Brewster ١٩٩٤) بتقسيم الجنس *Allium* إلى خمسة تحت أجناس، يتضمن اثنان منها المحاصيل الثومية الهامة. وفى كل تحت جنس منها ميز الباحث عددًا من الأقسام sections التى تتضمن الأنواع القريبة من بعضها البعض. ويُلخص ذلك فى جدول (١-١).

جدول (١-١): المجموعات التى تتضمن المحاصيل الثومية الرئيسية بالجنس ***Allium***.

المحصول	النوع **Species**	القسم **Section**	تحت الجنس **subgenus**
Chinese chives الشيف الصينى	*A. tuberosum*	*Rhizirideum*	*Rhizirideum*
Chives الشيف	*A. schoenoprasum*	*Schoenoprasum*	
Onion, shallot البصل والشالوت	*A. cepa*	*Cepa*	
Japanese bunching onion البصل اليابانى الاخضر البصل	*A. fistulosum*		
Rakkyo الراكيو	*A. chinese*		
Garlic الثوم	*A. sativum*	*Alium*	*Alium*
الكرات المصرى والكرات أبوشوشة Leek, kurrat, great-headed garlic, pearl onion	*A. ampeloprasum*		

هذا.. ويُميَّز بين هذه الأنواع موروفولوجيا، كما فى شكل (١-١، عن Brewster ١٩٩٤).



شكل (١-١): الخصائص المورفولوجية للأنواع الرئيسية المزروعة من الجنس *Allium*. A – الزهرة، وB– الطلع (i تعنى الأسدية الداخلية)، وC – قطاع عرضى فى نصل الورقة، وD – قطاع عرضى فى الشمراخ الزهرى.

الأنواع المزروعة من الثوميات وصفاتها الهامة

على الرغم من أن الأنواع المزروعة من الثوميات فى مصر لا تتعدى ثلاثة أنواع (هى: البصل والثوم والكرات بنوعيه أبوشوشة والمصرى)، فإن انواع الثوميات المزروعة والتى تنتشر زراعتها فى مناطق مختلفة من العالم — وخاصة فى وسط وجنوب شرق آسيا — كثيرة جدًا. ويبين جدول (١-٢) قائمة بتلك الأنواع المزروعة.

كما يُبين جدول (١-٣) أهم الصفات المورفولوجية التى تتميز بها أكثر الثوميات انتشارًا فى الزراعة.

جدول (١–٢): الثوميات المزروعة (عن Fritsch & Friesen ٢٠٠٢).

الاسم الانجليزى	الأسماء العلمية للمجموعات النباتية	أسماء علمية أخرى عُرفت لنفس النوع
Altai onion	*A. altaicum* Pall.	*A. microbulbum* Prokh.
	A. ampeloprasum L.	
Leek	Leek group	*A. porrum* L., *A. ampeloprasum* var. *porrum* (L.) J. Gay
Kurrat, salad leek	Kurrat group	*A. kurrat* Schweinf. ex Krause
Great-headed garlic	Great-headed garlic group	*A. ampeloprasum* var. *holmense* (Mill.) Aschers. et Graebn.
Pearl onion	Pearl-onion group	*A. ampeloprasum* var. *sectivum* Lued.
Tarée irani	Tarée group	
Canada onion	*A. canadense* L.	
	A. cepa L.	
Onion, common onion	Common onion group	*A. cepa* ssp. *cepa*/var. *cepa*, *A. cepa* ssp. *australe* Kazakova
Ever-ready onion	Ever-ready onions	*A. cepa* var. *perutile* Stearn
Shallot, potato onion, multiplier onion	Aggregatum group	*A. ascalonicum* auct. hort., *A. cepa* var. *aggregatum* G. Don, var. *ascalonicum* Backer, ssp. *orientalis* Kazakova
	A. consanguineum Kunth	
	A. × *cornutum* Clem. ex Vis.	*A. cepa* var. *viviparum* auct.*
Rakkyo, Japanese scallions	*A. chinense* G. Don	*A. bakeri* Regel
Japanese bunching onion Welsh onion	*A. fistulosum* L.	
	A. hookeri Thw.	
	A. kunthii G. Don	*A. longifolium* (Kunth) Humb.
Chinese garlic, Japanese garlic	*A. macrostemon* Bunge	*A. uratense* Franch., *A. grayi* Regel
Naples garlic	*A. neapolitanum* Cyr.	*A. cowanii* Lindl.
	A. nutans L.	
Oblique onion	*A. obliquum* L.	
French shallot*	*A. oschaninii* O. Fedtsch.	
	A. × *proliferum* (Moench) Schrader	
Wakegi onion	East Asian group	*A. aobanum* Araki, *A. wakegi* Araki
Top onion, tree onion, Egyptian onion, Catawissa onion	Eurasian group	*A. cepa* var. *viviparum* (Metzg.) Alef., *A. cepa* var. *proliferum* (Moench) Alef.
	A. pskemense B. Fedtsch.	

يتبع

تابع جدول رقم (١–٢):

الاسم الانجليزى	الأسماء العلمية للمجموعات النباتية	أسماء علمية أخرى عُرفت لنفس النوع
Chinese chive, Chinese leek	*A. ramosum* L.	*A. odorum* L., *A. tuberosum* Rottl. ex Sprengel
	A. rotundum L.	*A. scorodoprasum* ssp. *rotundum* (L.) Stearn
Garlic	*A. sativum* L.	
	Common garlic group	*A. sativum* var. *sativum*, *A. sativum* var. *typicum* Regel
	Longicuspis group	*A. longicuspis* Regel
	Ophioscorodon group	*A. sativum* var. *ophioscorodon* (Link) Döll
Chive	*A. schoenoprasum* L.	*A. sibiricum* L.
Ramsons	*A. ursinum* L.	
Long-root onion, long-rooted garlic	*A. victorialis* L.	*A. microdictyon* Prokh., *A. ochotense* Prokh.
	A. wallichii Kunth	*A. platyphyllum* Diels, *A. lancifolium* Stearn

ويبين جدول (١–٣) الصفات المميزة لمختلف الخضر الثومية الهامة (Brewster ١٩٩٤).

جدول (١–٣): الصفات لمختلف الخضر الثومية.

المحصول	الاسم العلمى	أعضاء التخزين	لون الزهرة	ترتيب ظهور الأزهار فى النورة	تواجد البلابل فى النورة
البصل والشالوت	*A. cepa*	البصلة	أبيض بخطوط خضراء	غير منتظم	غير موجودة
الثوم	*A. sativum*	الفصوص	أرجوانى شاحب إلى أبيض مخضر	غير منتظم	غير موجودة غالبًا
الكرات أبوشوشة والكرات المصرى	*A. ampeloprasum*	الأوراق ولا توجد أبصال	أبيض إلى أرجوانى	غير منتظم	موجودة أحيانًا
Great-headed garlic	*A. ampeloprasum*	فصوص من حجمين	أبيض إلى أرجوانى	غير منتظم	غير موجودة عادة

يتبع

تابع جدول (١-٣):

المحصول	الاسم العلمى	أعضاء التخزين	لون الزهرة	ترتيب ظهور الأزهار فى النورة	تواجد البلابل فى النورة
البصل اليابانى الأخضر	*A. fistulosum*	أنصال الأوراق ولا توجد أبصال	أصفر شاحب إلى أبيض	من قمة النورة نحو قاعدتها	غير موجودة غالبًا
الشيف	*A. schoenoprasum*	أنصال الأوراق ولا توجد أبصال	قرمزى أو وردى ونادرًا أبيض	من قمة النورة نحو قاعدتها	متواجدة نادرًا
Rakkyo	*A. chinense*	البصلة	وردى إلى قرمزى	غير منتظم	غير موجودة
الشيف الصينى	*A. tuberosum*	الريزوم — لا توجد بصلة	أبيض	غير منتظم	غير موجودة

تكاثر الثوميات وأهمية ذلك فى تربيتها

يتكاثر عديد من المحاصيل الثومية المأكولة خضريًّا؛ فالثوم، والراكّيو rakkyo والـ great-headed garlic تتكاثر من البصلة (بالفصوص). ويمكن لتلك الأنواع إنتاج نورات، لكنها لا تعقد بذورًا خصبة. وفى عديد من سلالات الثوم الخضرية، فإن النورات تتحول إلى إنتاج البلابل الزهرية bulbil خلال مراحل مختلفة من نموها.

أما الشيف الصينى Chinese chives فإنه يُزهر وينتج بذورًا حية، لكن يحدث — بشكل طبيعى — أثناء تكوين خلية البيضة أن تتضاعف الكروموسومات، وتدخل هيئة كاملة من ٣٢ كروموسوم أُمىّ فى خلية البيضة؛ بما يعنى عدم وجود إخصاب وانعزالات، ويكون الناتج مماثلاً للتكاثر الخضرى، وتعرف تلك الحالة بالتكاثر اللاإخصابى apomixes. وأظهرت الدراسات حدوث تهجينات فى نحو ١٠٪ من نسل التلقيحات بين أصناف من الشيف الصينى؛ بما يعنى إمكان حدوث نسبة منخفضة من الإخصاب الطبيعى وتبادل للجينات. وعلى الرغم من أن التلقيح لا يترتب عليه بالضرورة إخصاب، فإنه يُعد ضروريًّا لأجل إنتاج البذور؛ نظرًا لأن نسيج الإندوسبرم المغذى بالبذرة يفشل فى التكوين فى غياب التلقيح.

وعلى الرغم من محدودية الانعزالات الوراثية فى الشيف الصينى والأنواع الأخرى الخضرية التكاثر فإنه يتوفر تباينات كبيرة بين سلالاتها الخضرية. ويُحافظ على السلالات الخضرية المرغوب فيها بالتكاثر الخضرى، كما يمكن تحسينها بحثِّ إنتاج

الطفرات. ويفيد تخليصها من الفيروسات فى زيادة إنتاجيتها على الرغم من أن ذلك لا يُصاحبه أى تغيرات وراثية.

وأما البصل والبصل اليابانى الأخضر والكرات والشيف chives فإنها تنتج بذورًا خصبة والتلقيح فيها خلطى بصورة أساسية، وإن كانت قادرة على التلقيح الذاتى. وفيها جميعًا.. تُكمل الأزهار الفردية نموها، وتنتثر حبوب لقاحها قبل استعداد مياسمها لاستقبال حبوب اللقاح. وتعرف هذه الخاصية باسم protandry. وفى الثوميات البرية لا يوجد سوى عدد قليل من الأزهار فى النورة الواحدة؛ ويُعد ذلك عائقًا فعَّالاً أمام التلقيح الذاتى. هذا إلاّ أن الثوميات المزروعة يمكن أن يتواجد فيها حتى ١٠٠٠ زهرة أو أكثر بالنورة الواحدة، ويمتد موعد تفتح الأزهار المختلفة بالنورة الواحدة لأكثر من أسبوعين إلى أربعة أسابيع؛ ولذا تزداد فرصة حدوث تلقيح للأزهار المبكرة فى التفتح بحبوب لقاح أزهار حديثة التفتح فى النورة الواحدة. وبذا.. فإن ظاهرة الـ protandry لا تشكل سوى عائق جزئى أمام التلقيح الذاتى. وغالبًا.. تبلغ نسبة التلقيح الخلطى ٧٥٪–٩٠٪ فى البصل، وأكثر من ٨٠٪ فى الكرات.

وفى كل تلك الأنواع التى تُنتج بذورًا خصبة نجد أن قوة نمو البادرات الناتجة من بذور التلقيح الذاتى ومعدل بقاؤها يكون أقل بكثير عما فى تلك التى تُنتج من بذور تلقيحات خلطية. ففى إحدى الدراسات استمر بقاء ٧٥٪ من البادرات التى نتجت من تلقيحات وكونت أبصالاً، بينما حدث ذلك فى أقل من ٥٠٪ من البادرات التى نتجت من تلقيحات ذاتية. ويُعد ذلك مظهرًا للتدهور مع التربية الداخلية inbreeding depression. ففى البصل.. وُجد أن جيل واحد من التربية الداخلية أدى إلى انخفاض المحصول إلى ٦٤٪ من محصول أبصال البذور التى نتجت من تلقيح خلطى، كما تأخر موعد النضج بنحو ١٢ يومًا، وازدادت نسبة الأبصال ذات الرقبة السميكة thick-necks من ٢٪ إلى ١٢٪. وبعد ثلاثة أجيال من التلقيح الذاتى انخفض معدل بقاء النباتات إلى ٥٠٪، وأدى ضعف قوة النمو إلى أن ٧٠٪ – فقط – من النباتات التى استمر بقاؤها

كانت قادرة على إنتاج بذور. ويحدث أمر مماثل فى الكرات؛ فقد انخفض متوسط وزن النباتات بمقدار ٣٥٪ بعد جيل واحد من التربية الداخلية، وبمقدار ٦٠٪ بعد جيلين. ويُعد تجنب هذا الأمر أحد مزايا الأصناف الهجين التى تُنتَج كل بذورها من التهجين بين الأبوين (Brewster ١٩٩٤).

سيتولوجى الثوميات وموطنها

إن البصل نبات ثنائى التضاعف، فيه ٢ن = ٢س = ١٦ كروموسومًا. وإلى جانب البصل.. فإن الجنس *Allium* يضم نحو ٦٠٠ نوع نباتى، تنتشر فى المناطق الشمالية الباردة. وفيما عدا الشيف chives.. فإن كل أنواع الخضر التابعة للجنس *Allium* — والمستعملة حاليًا فى الزراعة — نشأت فى منطقة الشرق الأدنى، أو وسط وشرقى آسيا، وفى جميع هذه الخضراوات.. نجد أن العدد الأساسى (س) = ٨ كروموسومات. هذا.. بينما نجد أن العدد الأساسى = ٧ كروموسومات فى جميع أنواع الجنس المنتشرة فى أمريكا الشمالية.

وفيما يلى.. بيان بموطن وعدد الكروموسومات فى مختلف أنواع الخضر التابعة للجنس *Allium*:

١- الشالوت shallot (*A. ascalonicum*)، والـ Potato onion (أو الـ multiplier onion)، وهو *A. cepa* var. *aggregatum*:

يوجد هذان النوعان فى حالة مزروعة فقط، ويعتقد أن نشأتهما كانت فى أفغانستان، وهما — مثل البصل — ثنائيًا التضاف، فيهما ٢ن = ٢س = ١٦ كروموسومًا.

٢- البصل اليابانى الأخضر Japanese Bunching (*A. fistuosum*):

لا يعرف هذا النوع فى الحالة البرية، وهو ثنائى التضاعف كذلك، فيه ٢ن = ٢س = ١٦ كروموسومًا.

٣- الشيف Chives (*A. schoenoprasum*):

ينتشر الشيف فى عديد من المناطق المتجمدة فى شمالى أمريكا الشمالية، وأوروبا،

وآسيا. وتوجد منه طرز ثنائية، وثلاثية، ورباعية، فيها ٢ن = ١٦ كروموسومًا، و٢٤ كروموسومًا، و٣٢ كروموسومًا، على التوالى.

٤- الكرات Leek (*A. ampeloprasum*):

ينمو الكرات بريًّا – غالبًا – كحشيشة، فى منطقة تمتد من جنوب أوروبا وشمالى أفريقيا والشرق الأوسط حتى جنوبى الاتحاد السوفيتى. ويوجد منه طرز ثنائية، وثلاثية، ورباعية، وخماسية، وسداسية التضاعف فيها ٢ن = ١٦ كروموسومًا، و٢٤ كروموسومًا، و٣٢ كروموسومًا، و٤٠ كروموسومًا، و٤٨ كروموسومًا. يوجد من هذا النوع طرازان منزرعان؛ هما: الكرات أبوشوشة (سابقًا: *A. porrum*)، والكرات المصرى (سابقًا: *A. kurrat*)، وكلاهما رباعى التضاعف (٢ن = ٤س= ٣٢ كروموسومًا). كما يعرف طراز ثالث سداسى التضاعف (٢ن=٦س=٤٨ كروموسومًا)، يعرف باسم Great Headed Onion.

٥- الثوم Garlic (*A. sativum*):

لا يعرف الثوم فى الحالة البرية، وهو سداسى التضاعف، فيه ٢ن = ٦س= ٤٨ كروموسومًا.

٦- البصل الصينى Rakkyo (*A. chinense*)

نشأ هذا النوع فى وسط وشرقى الصين، وتنتشر زراعته فى شرقى آسيا، وتوجد منه طرز ثنائية التضاعف، وثلاثية التضاعف، ورباعية التضاعف، فيها ٢ن= ١٦ كروموسومًا، و٢٤ كروموسومًا، و٣٢ كروموسومًا، على التوالى.

٧- الشيف الصينى Chinese Chives (*A. tuberosum*):

يزرع هذا النوع، وينمو بريًّا فى شرقى آسيا، وتوجد منه طرز ثنائية ورباعية، فيها ٢ن = ١٦ كروموسومًا، و٣٢ كروموسومًا، على التوالى.

ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع.. يراجع McCollum (١٩٧٦).

يتبين مما تقدم أن عدد الكروموسومات الأساسى فى الثوميات هو ٨؛ ولذا.. فباستثناء حالات غير عادية، نجد أن عدد الكروموسومات التى يمكن رؤيتها أثناء انقسام الخلايا يكون مضاعفات الرقم ثمانية.

ويكون عدد الكروموسومات الزوجى diplod فى مختلف الأنواع، كما يلى:

العدد الزوجى	الأنواع
١٦	البصل والشالوت والثوم والبصل اليابانى الأخضر *A. fistulosum*
٣٢	الكرات أبوشوشة والكرات المصرى والشيف الصينى *A. tuberosum*
١٦ أو ٢٤ أو ٣٢	الشيف *A. schoenoprasum* والراكيو rakkyo (وهو: *A. chinense*)
٤٨	Great-headed garlic (وهو: *A. ampelobrasum*)

ويحدث أحيانًا أن يظهر كذلك ثلاثة كروموسومات صغيرة 'supernumerary' فى كل من الكرات والشيف.

ويعتقد بأن كروموسومات الكرات الإثنين والثلاثين نشأت من تضاعف للعدد الثنائى ١٦. وهذا التضاعف يُعقِّد من دراسة الانعزالات الوراثية للآليلات فى هذا النوع.

ومقارنة بالبصل الذى يمكن أن يحدث فيه العبور على امتداد الكروموسومات — ومن ثم تحدث الانعزالات بحرية بين جميع الجينات — فإن العبور فى البصل اليابانى الأخضر لا يحدث إلاّ فى منطقة قريبة من السنترومير فى كل كروموسوم؛ بما يعنى أن الآليلات التى تُحمل على أذرع كروموسومية خارج منطقة العبور لا يحدث بينها انعزالات، وتورث جيناتها معًا كجينات سوبر 'supergenes'.

ويحدث نفس حالة اقتصار العبور على مناطق معينة من الكروموسومات فى الكرات كذلك، ويترتب على ذلك منع تزاوج أكثر من كروموسومين معًا من كل وحدة رباعية الكروموسوم أثناء الانقسام الاختزالى (عن Brewster ١٩٩٤).

ولمزيد من التفاصيل بخصوص سيتولوجى الثوميات.. يراجع Jones (١٩٩٠).

جيرمبلازم الجنس *Allium*

أصبح من المعروف منذ بدايات القرن العشرين أن كثيرًا من المحاصيل الزراعية تتعرض للتعرية الوراثية، وذلك على ثلاثة مستويات، كما يلى:

١– على مستوى المحصول:

يحدث النقص فى التباينات الوراثية جراء استخدام أصناف محسنة أعلى محصولاً وأكثر تجانسًا فى الزراعة، وهى التى حلت تدريجيًّا وباستمرار محل السلالات المحلية.

٢– على المستوى البيئى:

يؤدى فقدان البيئات الطبيعية إلى الإضرار بقدرة الأقارب البرية للمحصول على البقاء.

٣– على المستوى المعرفى:

يؤدى النقص المعرفى إلى احتمال إهمال المحصول والأنواع البرية القريبة منه، أو حتى فقدانها (Kik ٢٠٠٨).

ولذا.. فقد نشط الباحثون فى مختلف أرجاء العالم فى جمع جيرمبلازم مختلف الأنواع المزروعة والأنواع البرية القريبة منها من الجنس *Allium*.

ومن أهم مجموعات جيرمبلازم الثوميات التى تتكاثر بالبذرة أو خضريًّا، والتى تتوفر حاليًّا فى بنوك للجيرمبلازم، ما يلى (عن Astley ١٩٩٠):

البنك	الاهتمامات
بنوك الجيرمبلازم الجنسى التكاثر	مجموعة عالمية
National Vegetable Research Station, (now Institute of Horticultural Research Wellesbourne), U.K.	
National Seed Storage Laboratory, Fort Collins, Tex.	مجموعة عالمية
Research Center for Agrobotany, Tapioszele, Hungary	مجموعة دول جنوب وشرق
National Institute of Agricultural Research, Tsukuba, Japan	مجموعة آسيوية
Center for Genetic Resources for the Netherlands	مجموعة عالمية
ومن أهم بنوك الجيرمبلازم الخضرى التكاثر، ما يلى:	
The Israeli Genebank, in association with the Faculty of Agriculture, Hebrew University of Jerusalem.	الجيرمبلازم قصير النهار حتى خط عرض ٣٦°
The Research Institute of Vegetable Growing and Breeding. Olomouc, Czechoslovakia.	الجيلامبلازم طويل النهار خارج خط عرض ٣٥°

هذا.. علمًا بأن بيانات الثوميات الأوروبية *Allium* Database توجد فى الـ Institute for Horticultural Research, Wellesbourne, U.K.

يتوفر حاليًّا فى بنوك الجيرمبلازم حول العالم حوالى ٢٧٠٠٠ سلالة من الجنس *Allium*، لكن لا يُعرف على وجه التحديد نسبة المدخلات المكررة فيها، كما يُعد التقسيم الخاطئ لانتماء السلالات للأنواع مشكلة أخرى.

ومن بين مجموع السلالات يشكل البصل النسبة الأكبر منها، ويليه الثوم، فالكرات، ثم نحو ٧٥٠ نوعًا آخر (جدول ١-٤).

جدول (١-٤): عدد السلالات التى تتوفر فى بنوك الجيرمبلازم من مختلف أنواع الجنس *Allium* ونسبتها من المجموع الكلى.

أنواع الجنس ***Allium***	عدد السلالات	نسبتها (٪)
A. cepa	١٢٧٤٠	٤٦,٧
A. sativum	٤٥٦٠	١٦,٧
A. porrum	٢١٤٨	٧,٩
A. fistulosum	٩٥١	٣,٥
A. tuberosum	٤٣٤	١,٦
A. schoenoprasum	٢٧٤	١,٠
A. nutans	٩٥	٠,٣
A. chinense	٢٧	٠,١
أنواع برية قريبة	٦٠٧٣	٢٢,٢
المجموع	٢٧٣٠٢	١٠٠

ويتوفر بمركز بحوث وتطوير الخضر الآسيوى AVRDC أعدادًا كبيرة من سلالات جيرمبلازم مختلف أنواع الجنس *Allium*، تتضمن ما يلى كحدٍ أدنى:

النوع	العدد
A. ampeloprassum	١
A. cepa	٢٦٧
A. cepa aggregatum	٢٦
A. fistulosum	٢٣
A. porrum	١٢
A. sativum	٢٨٥
A. tuberosum	٤
Allium spp.	٤٣

ومن بين بنوك الجيرمبلازم الأخرى التى تُحافظ على جيرمبلازم أنواع الجنس *Allium*، ما يلى (Engle ١٩٩٦):

المعهد	الموقع	المدى والمجال	طريقة الحفظ
Center for Genetic Resources	هولندا	عالمى	اكثار حقلى
Intitute of Horticultural Research	المملكة المتحدة	عالمى	مخزن للبذور
National Seed Storage Laboratory	الولايات المتحدة	عالمى	مخزن للبذور
Research Center for Agrobotany	المجر	جنوب وشرق أوروبا	مخزن للبذور
National Institute of Agrobiological Resources	اليابان	آسيا	مخزن للبذور
National Gene Bank	تشيكوسلوفاكيا	الأنواع طويل النهار	إكثار حقلى
Hebrew University of jerusalem	اسرائيل	الانواع قصيرة النهار	إكثار حقلى

ولمزيد من التفاصيل بخصوص جمع وحفظ وتقييم جيرمبلازم الثوميات.. يُراجع Astley (١٩٩٠).

التهجينات النوعية فى الجنس *Allium*

أمكن الحصول على الهجينين النوعيين: *Allium chinense* × *A. fistulosum*، و *A. chinense* × *A. cepa* بفصل الأجنة بعد أسبوعين من إجراء التلقيح وزراعتها فى بيئة صناعية. ولقد أمكن تخزين حبوب لقاح كل من *A. fistulosum*، و *A. cepa* بنجاح على ٥ْم لمدة ٦ شهور إلى حين وقت إزهار *A. chinense*. وقد كانت جميع نباتات الجيل الأول وسطاً فى صفاتها المظهرية بين أبوى كل تلقيح (Momura & Nakara ١٩٩٣).

وللتغلب على اختلاف أنواع الجنس *Allium* فى مواعيد إزهار نباتاتها.. يلزم جمع حبوب لقاحها عند تفتح أزهارها ولمدة لا تزيد عن ١٢ ساعة بعد التفتح، وحفظها على –٣٠ °م (كان ذلك أفضل من التخزين على ٥ °م فى الأنواع الخمسة المختبرة)، ثم استخدامها فى إجراء الهجن النوعية.

أُجريت الهجن باستخدام *A. cinense* كأم مع كل من *A. fistulosum*، و *A. cepa*، و *A. tuberosum*، و *A. ampeloprasum* كآباء، مع ضرورة إزالة المبايض للحصول على الأجنة، وذلك بعد خمسة أيام من إجراء التهجين، وزراعتها فى بيئة موراشيج وسكوج تحتوى على ٥٪ سكروز على ٢٥ °م (Nomura وآخرون ١٩٩٤).

العقم الذكرى

وجدت حالات من العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى مماثلة لتلك التى توجد فى البصل (يُراجع لذلك الفصل الثانى)، وذلك فى كلٍ من البصل اليابانى الأخضر والشيف chives، واستُخدمت الظاهرة فى كليهما — كما فى البصل — فى إنتاج الهجن. ولقد تبين أن عامل العقم السيتوبلازمى فى الشيف يوجد فى الميتوكوندريات. واكتشفت كذلك جينات للعقم الذكرى فى الكرات، لكن لم يمكن العثور على عامل عقم سيتوبلازمى (عن Brewster ١٩٩٤).

مصادر إضافية فى تربية الثوميات

لمزيد من التفاصيل الخاصة بتربية الثوميات بصورة عامة.. يُراجع ما يلى:
Rabinowitch & Currah (٢٠٠٢): مرجع شامل ومتقدم فى تربية الثوميات، مع التركيز على تربية البصل.

Fritsch & Friesen (٢٠٠٢): بخصوص تطور الثوميات واستئناسها وتقسيمها النباتى.

Klaas & Friesen (٢٠٠٢): بخصوص الواسمات الجزيئية فى الجنس *Allium*.

Gantait وآخرين (٢٠١٠): للتفاصيل المتعلقة بمزارع الأنسجة فى الجنس *Allium*.

الفصل الثانى

أساسيات تربية البصل

الموطن وتاريخ الزراعة ونشأة البصل

يعتبر البصل أهم محاصيل الخضر التى تتبع العائلة الثومية Alliaceae. تضم هذه العائلة خضراوات أخرى كثيرة تنتمى جميعها إلى الجنس *Allium*، وهى تشتمل على نحو ٣٠ جنسًا وأكثر من ٦٠٠ نوع. ويعرف البصل فى الإنجليزية باسم onion، واسمه العلمى *Allium cepa* L. .

يُعتقد أن نشأة البصل *A. cepa* كانت فى وسط آسيا فى المنطقة التى تشمل كلاً من باكستان، وأفغانستان، وطاجيكاستان، وأوزبكستان، لكن نشأته ما زالت أمرًا غامضًا.

ولقد عُرِفت زراعة البصل منذ ما قبل التاريخ المكتوب، وذكر البصل فى القرآن والإنجيل، وفى نقوش قدماء المصريين والرومان والإغريق والصينيين، حيث استعملوه فى الغذاء وفى الأغراض الطبية. وأُدخل البصل إلى أمريكا بعد اكتشافها بفترة قصيرة.

يعتقد الكثيرون أن البصل لا يوجد — حاليًا — ناميًا فى صورة برية. كما يعتقد بأن البصل يشترك فى أصل واحد مع الأنواع البرية: *A. galanthum*، و *A. oschaninii*، و *A. pskemense*، و *A. vavilovii*، ويعد النوع الأخير (*A. vavilovii*) أقرب الأنواع البرية إليه (McCollum ٢٠٠٧).

وجدير بالذكر أن البصل يتلقح بصعوبة مع كلٍّ من *A. galanthum*، و *A. pskemense*، ولا يتلقح إطلاقًا مع *A. oschainnii* (عن Havey ١٩٩٣).

ولعل أهم صفات تأقلم البصل على ظروف الزراعة هى استجابة التبصيل لكلٍ من طول الفترة الضوئية والحرارة العالية، واستجابة التزهير للحرارة المنخفضة (عن Pathak ٢٠٠٠).

ولمزيد من التفاصيل عن موطن وتاريخ زراعية البصل.. يراجع Jones & Mann (١٩٦٣).

التهجين بين البصل والثوميات الأخرى من نفس نوع البصل

يُهجن البصل مع الشالوت بسهولة (Watts ١٩٨٠)، كما يُهجن مع الـ Potato onion، الذى يعتبر صنفًا نباتيًّا من نفس النوع الذى يتبعه البصل (Purseglove ١٩٧٢)، ولكن ذلك لا يعد هجينًا نوعيًّا بطبيعة الحال.

التهجين بين البصل والأنواع الأخرى – البرية والمنزرعة – من الجنس *Allium*

لا يتلقح البصل بسهولة إلاّ مع أنواع قليلة من الجنس *Allium*، وهى: *A. vavilovii*، و *A. galanthum*، و *A. roylei*، وهى التى تشكل مع البصل المجمَّع الوراثى الأولى primary gene pool للبصل، ويتكون المجمَّع الثانوى secondary gene pool من على الأقل *A. fistulosum*، وسَلَفَهُ *A. altaicum*. أما المجمَّع الوراثى الثالثى tertiary gene pool فإنه يتكون من *A. pekemense*، و *A. oschaninii*، ونحو ٢٠ نوعًا آخر من عدد من الـ subgenera، هى: *Cepa*، و *Reticulatabulbosa*، و *Polyprasum*، و *Anguinum* (Kik ٢٠٠٨).

التهجين مع النوع *A. fistulosum*

أجريت عديد من التهجينات بين البصل والبصل اليابانى الأخضر *A. fistulosum*؛ علمًا بأن النوع الأخير لا يكون أبصالاً، ويستعمل الهجين النوعى بينهما فى إنتاج البصل الأخضر. ويستعمل الكولشيسين فى تحويل الهجن النوعية الثنائية إلى متضاعفة هجينيًّا Amphidiploids، وهى التى تتميز بقوة النمو والخصوبة الجزئية، بينما تكون الهجن الثنائية عقيمة كلية تقريبًا. هذا.. وتنجح التلقيحات الرجعية لأى من نوعى الهجين عند استخدامه كأب.

ويعتبر صنف البصل الأخضر Beltsville Bunching — الذى أُنتج فى عام ١٩٥٠ — نباتًا مضاعفًا هجينيًّا amphidiploid، نشأ — طبيعيًّا — من التهجين بين صنف

البصل White Portugal، والنوع *A. fistulosum*. يتميز هذا الصنف بقوة نموه، ومقاومته العالية لمرضى الجذر الوردى والتفحم. وفيرس التقزم الأصفر، ولكن يعيبه قلة إنتاجه للبذور (Jones & Mann ١٩٦٣).

هذا.. ويُواجَه التهجين الرجعى إلى البصل بعد إجراء التهجين النوعى بين *Allium fistulosum* والبصل بعوائق سابقة للإخصاب وتالية له. وبينما يمكن التغلب على العوائق الأخيرة بزراعة الأجنة المتكونة فى بيئات صناعية، فإن ذلك يحد منه العوائق القوية السابقة للإخصاب والتى تعمل فى نسيج القلم (Van der Valk وآخرون ١٩٩١).

ولقد أمكن بتهجين البصل (كأم) مع *A. fistulosum* ثم التهجين الرجعى للبصل الحصول فى الجيل الأول للتهجين الرجعى الثالث على نباتات تكوِّن أبصالاً وتشبه البصل مظهريًّا، وتحتوى على جينات *A. fistulosum*، وخصبة ذكريًّا وأنثويًّا (Peffley & Hou ٢٠٠٠).

وعلى الرغم من استمرار الجهود لأكثر من ثمانين عامًا لأجل تطوير هجن مفيدة بين *A. cepa*، و *A. fistulosum*، فإن ذلك الأمر لم يتحقق بعد.

ومن ناحية أخرى.. أمكن التهجين بين البصل A. cepa والبصل اليابانى الأخضر *A. fistulosum* باستخدام *A. roylei* كجنس قنطرى bridge species فى تهجين أولى مع *A. fistulosum*. وقد كانت نباتات الجيلين الأول والثانى للتهجين القنطرى خصبة، وإن كانت بعض نباتاتها عقيمة الذكر (Khrustaleva & Kik ٢٠٠٠).

ولقد أثبت النوع البرى *A. roylei* أنه نوع مفتاحى يسمح بنقل الجينات من الثروات الوراثية البرية والمنزرعة من أنواع قسم Cepa الأخرى إلى البصل. ونظرًا لأن هذا النوع يتهجن بسهولة مع كل من *A. cepa*، و *A. fistulosum* فإنه مَكَّن الباحثون من عمل تلقيحات قنطرية؛ مما سمح بنقل جينات مقاومة للأمراض وجينات تتحكم فى صفات أخرى هامة من *A. roylei*، و *A. fistulosum* إلى البصل (عن McCollum ٢٠٠٧).

التهجين مع النوع *A. roylei*

أمكن إجراء التهجين النوعى بين *A. roylei* والبصل، وكذلك إجراء التهجين الرجعى إلى البصل بسهولة؛ بما يعنى إمكان نقل صفة المقاومة للبياض الزغبى — وربما صفات أخرى مرغوب فيها — من النوع البرى إلى البصل (Van der Meer & de Vries ١٩٩٠).

التهجين مع الثوم *A. sativum*

استخدمت سلالة خصبة من الثوم *A. sativum* كأب فى تهجين مع البصل *A. cepa*، وفى مرحلة مبكرة من تكوين أجنة الهجين النوعى تم نقلها إلى بيئة بويضات ovule culture، ثم نُمِّيت الزيجوتات أو مبادئ الأجنة proembryos فى بيئة موراشيج وسكوج MS تحتوى على ٥,٧ × ١٠^{-٨} مول IBA. وبمجرد تكوين الأجنة فإنها أُخذت من الـ ovule وزرعت فى بيئة أجنة؛ حيث نمت إلى نباتات كاملة كانت ناضجة جنسيًّا. ولقد أنتجت النباتات الهجين المركبين المسئولين عن النكهة المميزة فى كل من البصل، وهو: S-propenyl-L-cysteine sulfoxide، والثوم، وهو: S-allyl-L-cysteine sulfoxide أو الأليين alliin (Ohsumi وآخرون ١٩٩٣).

وبالدراسة السيتولوجية على سلالتين ناتجتين من التهجين بين البصل والثوم وجد أن إحداها احتوت على ٤٠ كروموسوم، بينما احتوت الثانية على ٤١ كروموسوم، وتبين أن تلك الكروموسومات كانت خليطًا من كروموسومات البصل والثوم (Yamashita وآخرون ٢٠٠٢).

التهجين مع الكرات *A. ampeloprasum*

أمكن إنتاج هجين جسمى بين الكرات *A. ampeloprasum* والبصل *A. cepa* (Butteveld وآخرون ١٩٩٥).

جيرمبلازم البصل

يبين جدول (٢-١) عدد سلالات كل نوع من تلك التى توجد فى مختلف المجمَّعات الوراثية gene pools للبصل، ويتبين منه كيف أن الأنواع البرية القريبة من البصل لا تُمَثَّل إلاّ بالنذر اليسير من السلالات فى بنوك الجيرمبلازم (Kik ٢٠٠٨).

جدول (٢–١): سلالات مختلف المجمَّعات الوراثية للبصل التى تتوفر فى بنوك الجيرمبلازم.

المجمَّع الوراثى	عدد السلالات
الأولى Primary Gene Pool	
A. cepa	١٢٧٤٠
A. ravilovii	٢٠
A. galanthum	٣٤
A. roylei	٤
الثانوى Secondary Gene Pool	
A. fistulosum	٩٥١
A.altaicum	١٢١
الثالثى Tertiary Gene Pool	
A. pskemense	٢١
A. ochaninii	٤١

ونُقدم – فيما يلى – قائمة بأهم بنوك جيرمبلازم البصل فى مختلف أرجاء العالم (Singh وآخرون ٢٠١٨).

البنك	الدولة	عدد السلالات
AVRDC- The World Vegetable Center	تايوان	١٠٨٢
Directorate of onion and garlic Research	الهند	٢٠٥٠
European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources	ألمانيا	١٤٤٠٠٢
N.I. Vavilov Research Institute	روسيا	١٨٨٨
National Institute of Agrobiological Sciences	اليابان	١٣٥٢
Royal Botanic Gardens	المملكة المتحدة	١١٠٠
US Department of Agriculture	الولايات المتحدة	١٣٠٤
Warwick Crop Center	المملكة المتحدة	١٧٥٥

الإزهار

الظروف المهيئة للإزهار

إن أنسب الظروف لتهيئة البصل للإزهار هى الارتباع بالتعرض لحرارة ٧–١٢ °م، إلاّ إن ذلك الأمر يتباين حسب الصنف؛ فالأصناف التى تُزرع فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية يمكن ارتباعها فى حرارة ١٥–٢١ °م كذلك فإن الفترة التى تلزم للارتباع تتباين حسب الأصناف، ومعظم الأصناف يلزمها حوالى ٤–٦ أسابيع لكى يتم فيها الارتباع.

وتلعب مرحلة تكوين البصلة دورًا هامًّا فى الإزهار. فالنباتات التى تكون صغيرة وهى فى مرحلة الحداثة لا تستجيب لمعاملة البرودة. وتعتمد المرحلة الحرجة الضرورية لبدء الاستجابة لمعاملة الارتباع والإزهار على الصنف كذلك. وكلما ازدادت البصلة فى الحجم كلما كانت أسهل استجابة لحث الإزهار فيها (عن Pathak ٢٠٠٠).

ولقد أمكن دفع أبصال الأصناف طويلة النهار للإزهار الحولى بمعاملة أبصال ثمانية أصناف منها بـ ١٥٪ فوق أكسيد الأيدروجين لمدة ٤ ساعات لكسر سكونها، وأعقب ذلك إخضاعها لمعاملة ارتباع على ١٠ °م لمدة ٦ أو ١٢ أسبوع، وذلك بعد ظهور أولى علامات كسر حالة السكون. وتلى ذلك نقل النباتات المرتبعة إلى إضاءة ١٦ ساعة على ٢٠ °م فى بيت محمىّ لأجل الإزهار. أدت هذه المعاملة إلى إكمال جيل كامل فى أقل من ١٢ شهرًا فى كل الأصناف. ومع زيادة إطالة فترة الارتباع ازداد تجانس التهيئة للإزهار ونمت الشماريخ الزهرية بنسبة أكبر. وبينما أزهرت النباتات التى عوملت بالارتباع لمدة ٦ أسابيع أبكر بنسبة ٢٤٪ عن تلك التى عوملت لمدة ١٢ أسبوعًا، إلاّ أن الأخيرة أظهرت تجانسًا أكبر فى ظهور الشماريخ الزهرية فى كل الأصناف وبينها (D'Angelo & Goldman ٢٠١٩).

الشماريخ الزهرية والنورات

يعطى البصل الفتيل — وهو الذى ينتج من زراعة البذور — شمراخًا زهريًا واحدًا. أما النباتات التى تنتج من زراعة الأبصال.. فإنها تعطى من ١–٢٠ شمراخًا زهريًّا.

ويتكون الشمراخ الزهرى من سلامية واحدة، وهى التى تنمو من القمة النامية للساق أو البراعم الجانبية. تظهر الشماريخ الزهرية بعد نحو ٣ أشهر من زراعة الأبصال، ويستمر ظهورها لمدة شهرين تقريبًا، ويتراوح طول الشمراخ الزهرى من ٦٠–١٢٠ سم.

ويتوقف عدد الشماريخ التى ينتجها النبات الواحد على العوامل التالية:

١– الصنف؛ فمثلاً.. يزيد عدد الشماريخ التى ينتجها الصنف جيزة ٦ بمقدار ٦ شماريخ عن تلك التى ينتجها الصنف البحيرى.

٢– طريقة التكاثر؛ حيث يتكون شمراخ واحد — عادة — عند التكاثر بالبذرة أو بالأبصال الصغيرة.

٣– حجم البصلة؛ حيث يزيد عدد الشماريخ الزهرية التى ينتجها النبات بزيادة حجم البصلة.

٤– مسافة الزراعة؛ حيث يزيد عدد الشماريخ الزهرية التى ينتجها النبات بزيادة مسافة الزراعة.

هذا.. ويتأثر طول الشمراخ الزهرى — كذلك — بنفس العوامل السابقة ذكرها.

تكون الشماريخ الزهرية مجوفة ومنتفخة أسفل منتصفها، وتحمل فى نهاياتها نورات خيمية.

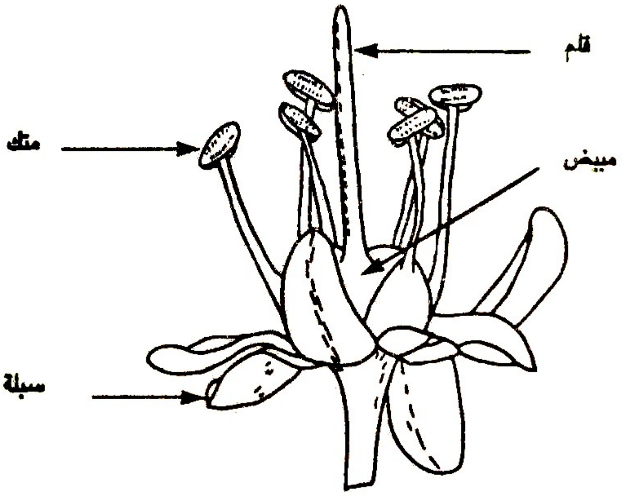
وتكون النورة مغلَّفة — قبل تمام نموها — بغلاف رقيق يتكون من ٢–٣ قنابات. تتمزق هذه القنابات عند نمو النورة، والتى تكون خيمية كاذبة، تتكون من عديد من النورات السيمية القصيرة الوحيدة التفرع، ويحتوى كل منها على ٥–١٠ أزهار، بينما تحتوى النورة الخيمية على ٥٠–٢٠٠٠ زهرة (شكل ٢–١). ويتوقف العدد على الصنف، وحجم الأبصال المستخدمة فى الزراعة، وظروف تخزينها قبل الزراعة، وموعد الزراعة، ويتراوح المدى الطبيعى من ٢٠٠–٦٠٠ زهرة بالنورة.



شكل (٢-١): حقل بصل فى أوج مرحلة تكوين النورات الزهرية.

الأزهار والتلقيح

تكون أزهار البصل بيضاء أو بنفسجية فاتحة اللون، خنثى، وتحمل على أعناق لا يزيد طولها على ٢,٥ سم. تُحمل الأسدية فى محيطين؛ أحدهما داخلى، والآخر خارجى، يوجد بكل منهما ثلاث أسدية. تنفتح متوك الأسدية الداخلية، وتنتثر حبوب لقاحها قبل متوك الأسدية الخارجية. ويتكون المتاع من مبيض به ثلاثة مساكن بكل منها بويضتان، ويبلغ طول القلم نحو ملليمتر واحد عند تفتح الزهرة (شكل ٢-٢)، لكنه لا يكون مستعدًا لاستبقال حبوب اللقاح إلا بعد أن يصل طوله إلى حوالى ٥ مم (Hawthorn & Pollard ١٩٥٤، و مرسى وآخرون ١٩٧٣، و Voss ١٩٧٩).



شكل (٢–٢): زهرة البصل (عن Pike ١٩٨٦).

تنفتح متوك المحيط الداخلى قبل تفتح الزهرة بنحو ٦–١٢ ساعة، ثم تتفتح متوك المحيط الخارجى عند تفتح الزهرة. ولا تنتثر حبوب اللقاح عند ارتفاع الرطوبة النسبية، ولكن ينتثر معظم حبوب اللقاح فيما بين التاسعة صباحًا والخامسة مساءً. ويبدأ استعداد المياسم للتلقيح عندما يبلغ طول قلم الزهرة نحو ٥ مم، وتظل المياسم مستعدة لاستقبال حبوب اللقاح مدة ٦ أيام، إلا أن نسبة العقد تكون أعلى ما يمكن إذا حدث التلقيح خلال الأيام الثلاثة الأولى من فترة استعداد المياسم للتلقيح، ثم تنخفض نسبة العقد – تدريجيًّا – بعد ذلك حتى تصل إلى الصفر فى اليوم السادس. تستغرق العملية كلها من وقت تفتح الزهرة إلى حين ذبول البتلات والمتوك حوالى ١٠ أيام فى حرارة ١٨°م ونحو ٥ أيام فى حرارة ٣٠°م، ويبلغ عقد البذور أقصاه فى حرارة ١٨/٣٥°م (نهار/ليل) بمتوسط ٢٥°م.

تنفتح أزهار النورة الواحدة على مدى أسبوعين أو أكثر؛ إذ يتفتح – فى البداية – عدد قليل من الأزهار يوميًّا، ثم يزداد عدد الأزهار المتفتحة فى النورة يوميًّا بصورة تدريجية، إلى أن يصل إلى نحو ٥٠ زهرة فى مرحلة الإزهار التام full bloom. هذا .. ويستمر تفتح أزهار النبات الواحد لمدة شهر أو أكثر (عن Pathak ٢٠٠٠).

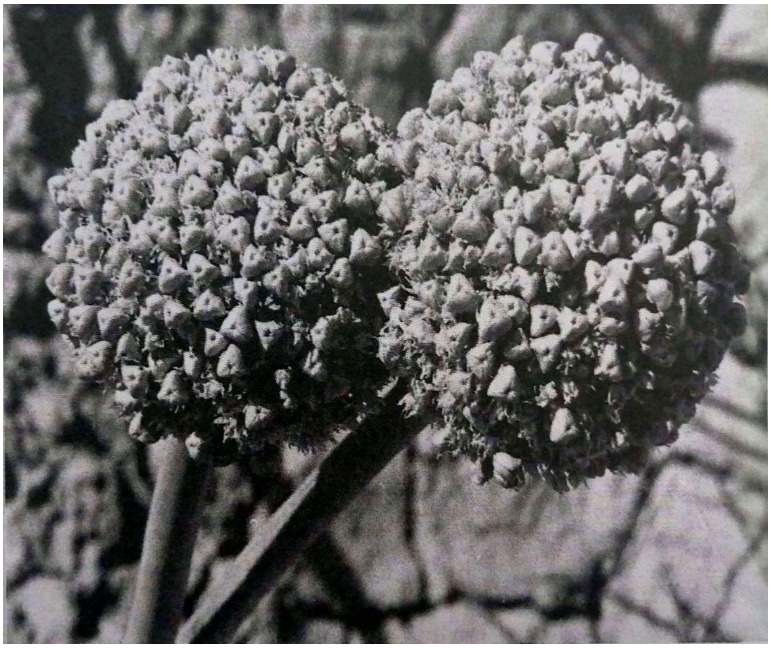
يتضح مما تقدم أن التلقيح الذاتى للزهرة الواحدة مستحيل؛ وذلك لأن حبوب اللقاح تنضج وتنتثر قبل استعداد المياسم للتلقيح (أى إن النبات protandrous)، ولكن التلقيح الذاتى قد يحدث للنبات بانتقال حبوب اللقاح من إحدى الأزهار إلى مياسم زهرة أخرى فى نفس النورة، أو فى نورات أخرى على نفس النبات. وقد قدرت نسبة التلقيح الخلطى فى البصل بنحو ٩٠٪؛ وبذا.. فإن التلقيح يعد خلطيًّا بدرجة عالية.

يتم التلقيح الخلطى بواسطة الحشرات، ويزور أزهار البصل حوالى ٢٦٧ نوعًا مختلفًا الحشرات، يعتبر النحل أهمها. وبالرغم من أن النحل لا يفضل التغذية على رحيق أزهار البصل.. إلا أن التلقيح فى البصل يتم بواسطة النحل بصفة أساسية. هذا.. ويوجد الرحيق فى غدد رحيقية عند قاعدة المحيط الداخلى للأسدية (McGregor ١٩٧٦).

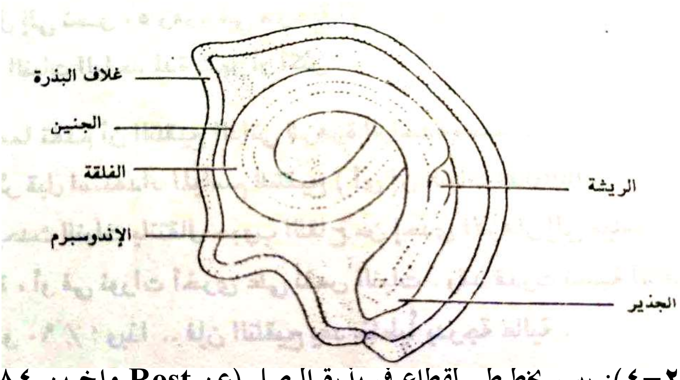
الثمار والبذور

تتكون الثمار فى نورة البصل، حيث تنتج كل زهرة ثمرة (شكل ٢–٣).

وثمرة البصل علبة كروية، تتكون من ٣ حجرات، وتحتوى كل حجرة على بذرتين، وتكون البذرة سوداء اللون، ذات قصرة سميكة كثيرة التجاعيد، أحد جوانبها محدب، ويظهر له ثلاثة أوجه. أما الجانب الآخر.. فيكون مستويًا أو مقعرًا قليلاً. ويظهر بأحد طرفى البذرة نتوءان صغيران مكان سرة البذرة، وتتكون معظم البذرة من الإندوسبرم الذى ينغمس فيه الجنين. وجنين بذرة البصل أسطوانى ملتوٍ، يبلغ طوله نحو ٦ مم، وعرضه نحو ٠,٤مم، ويتكون معظمه من الفلقة التى توجد الريشة بداخلها (شكل ٢–٤). يتكون الجذير من الطرف القريب من السرة. أما الطرف الآخر.. فيمثل قمة الفلقة، ويعمل كماصٍ للمواد الغذائية من الإندوسبرم عند الإنبات.



شكل (٢–٣): ثمار البصل وقد اكتمل عقدها بالنورة.



شكل (٢–٤): رسم تخطيطى لقطاع فى بذرة البصل (عن Rost واخرين ١٩٨٤).

تداول البصل لأغراض التربية

طريقة إجراء التلقيح الذاتى

يجرى التلقيح الذاتى فى البصل – بسهولة – بتكييس النورة كلها بكيس ورقى،

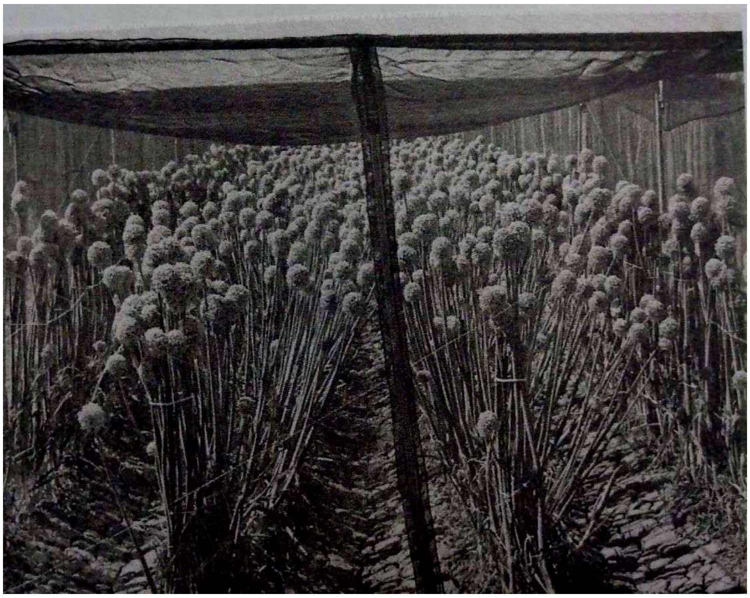
أو قماشى (cage) لمنع تلوثها بحبوب لقاح غريبة. يمكن التكييس عند تفتح أول زهرة بالنورة، ويربط الكيس — جيدًا — حتى تصبح أزهار النورة متزاحمة داخل الكيس. إذا كانت النورة صغيرة — كما فى السلالات المرباة تربية داخلية — فإنه يمكن جمع عدة نورات داخل الكيس الواحد، أو وضع كل نورة داخل كيس ورقى صغير (شكل ٢–٥). ولإتمام التلقيح.. تهز النورة مرة واحدة قرب المساء، عندما تكون حبوب اللقاح جافة.



شكل (٢–٥): تكييس النورات فى سلالات البصل المرباة تربية داخلية؛ لأجل تلقيحها ذاتيًا.

ولزيادة محصول البذور.. يفضل إدخال ذباب نظيف داخل الأكياس بعدد يتناسب مع عدد الأزهار المتفتحة؛ علمًا بأن العدد القليل من الذباب لا يُعطى النتائج المرجوة، بينما يموت العدد الزائد جوعًا. يستمر نشاط الذباب لمدة أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع، ولكن يلزم تجديده مرتين أسبوعيًّا، وكل يوم أو يومين فى الجو الحار لمدة ثلاثة أسابيع (Jones & Mann ١٩٦٣).

أما السلالات المنتخبة.. فإنها تكثر إما بزراعتها فى معزل عن حقول البصل الأخرى — على مسافة لا تقل عن ١,٥ كيلومترًا — أو بزراعتها داخل أقفاص عازلة cages من الشباك البلاستيكية، التى يكون عرضها — عادة — ثلاثة أمتار، وبأى طول حسب المساحة المطلوب زراعتها، وبارتفاع يزيد بمقدار حوالى ٥٠ سم على الارتفاع الذى تصل إليه النباتات (شكل ٢–٦). ويستخدم النحل لإتمام عملية التلقيح فى تلك الـ cages. يراعى خلو النباتات من الآفات الحشرية قبل إدخال النحل فيها؛ لأن استعمال المبيدات الحشرية يؤدى إلى قتل النحل كذلك. ويراعى تزويد الـ cages بأوعية صغيرة بها ماء؛ ليأخذ النحل والذباب — فى حالة استعماله — حاجتهما منه. ويلزم ربط نورات النباتات القريبة من حافة الـ cage معًا– بعيدًا عن الشباك — لكى لا تلقح بعض أزهاره من خارج الـ cage.



شكل (٢–٦): إكثار السلالات المنتخبة فى معزل داخل cages من الشبك.

طرق إجراء التهجينات

تزرع النباتات — التى يراد تهجينها معًا — على مسافة ٦٠–٩٠ سم من بعضها فى الخط؛ لإفساح المجال لإقامة سلة قماشية عازلة (cage) حولها — فيما بعد — عند إزهارها.

تكيس النورات — مفردة — بأكياس ورقية عند تفتح أول زهرة، مع إزالة الأزهار التى تتفتح فى نورات السلالات المستخدمة كأمهات عدة مرات يوميًّا. يراعى عدم التأخير فى إجراء هذه الخطوة، خاصة فى الجو الحارالذى يساعد على انتثار حبوب اللقاح. ويلاحظ أن عدد الأزهار التى تتفتح — يوميًّا — يكون قليلاً فى البداية، ولكنه يزداد تدريجيًّا. وعندما يصبح معدل تفتح الأزهار ٥٠ زهرة يوميًّا.. تخصى الأزهار بدلاً من إزالتها. ويجب فحص النورات — جيدًا — للتأكد من التخلص من المتوك بعيدًا عن النورة؛ حتى لا تنتثر منها حبوب اللقاح. وبعد خصى عدد كاف من الأزهار.. تزال بقية البراعم غير المتفتحة من النورة، ثم توضع داخل cage من القماش أو الشاش. وفى خلال الفترة السابقة.. يكون قد تم وضع نورات النباتات المستخدمة كآباء داخل cages قماشية أيضًا؛ حتى لا تصل إليها حبوب لقاح غريبة.

وبمجرد تجهيز نورة النبات المستحدم كأم.. تقطع نورة الأب، وتوضع داخل cage الأم، مع وضع قاعدة حامل النورة فى برطمان فيه ماء؛ وبذا.. تبقى النورة بحالة جيدة، وتستمر فى إنتاج حبوب اللقاح لمدة أسبوع أو أكثر. ويلزم إدخال الذباب داخل الـ cage؛ ليقوم بعملية التلقيح. ويفضل أن يقوم المربى بتربية الذباب بنفسه؛ لضمان خلوه من حبوب اللقاح الغريبة (Jones ١٩٣٧).

تربية الذباب اللازم للتلقيحات

يربى الذباب بوضع رئة بقرة على منضدة ذات سطح من السلك الشبكى، ولها مظلة واقية من الشمس والمطر. يضع الذباب بيضه على الرئة، وتتغذى اليرقات — بعد فقس البيض — على الرئة، ثم تتحول إلى عذارى؛ حيث تسقط من الشبكة السلكية، لتستقبل فى وعاء كبير يحتوى على رمل، يوضع أسفل المنضدة. تفصل العذارى عن الرمل بالمناخل، ويفضل إجراء هذه الخطوة يوميًّا؛ لكى تكون العذارى من أعمار مختلفة (شكل ٢–٧).

توضع العذارى فى برطمانات، وتترك فى درجة حرارة الغرفة، ثم تنقل قبل فقسها إلى أقفاص سلكية صغيرة cages قطرها ١٥ سم وطولها ١٥ سم، وذات قمة قمعية الشكل، تنتهى بسدادة يمكن إخراج الذباب منها.

وعند استعمال الذباب فى التلقيح.. يوضع الطرف الرفيع للقمع أسفل الـ cage القماشى المحيط بنورات النبات الأم، وتزال السدادة، إلى ان يخرج العدد المطلوب من الذباب.

ويحسن تجميع أكبر عدد من العذارى لاستعمالها عند اشتداد الحاجة إليها فى ذروة موسم التلقيحات، ويجرى ذلك بتخزينها فى حرارة ٧ ْم؛ حيث يمكن أن تبقى محتفظة بحيويتها لعدة أسابيع. ويجب أن يبدأ تخزين العذارى على هذه الدرجة قبل تحولها إلى حشرات كاملة بفترة قصيرة؛ لأن تعريضها لتلك الدرجة — وهى ما زالت فى المراحل المبكرة من تطورها — يؤدى إلى نقص نسبة ما يتحول منها إلى حشرة كاملة، كما يكون الذباب الناتج منها أقل نشاطاً.



شكل (٢–٧): عذارى الذباب.

العوامل المؤثرة فى نجاح التلقيحات

يتوقف نجاح التلقيحات على عاملين؛ هما: مدى استعداد المياسم للتلقيح، ومدى حيوية حبوب اللقاح وقدرتها على الإنبات.

ويتأثر مدى استعداد المياسم للتلقيح بدرجة الحرارة السائدة؛ حيث أوضحت دراسات Chang & Struckmeyer (١٩٧٦) أن متوسط عدد البذور التى عقدت بكل مبيض كانت ٢,٥٧، و ٣,٢٠، و ١,٦٦ بذرة فى حرارة ٢٤ْم، و٣٥ْم، و٤٣ْم — نهارًا — على التوالى (علمًا بأن الحرارة ليلاً كانت ١٨ ْم)؛ وقد أرجع ذلك إلى تأثير درجة الحرارة فى مدى استعداد المياسم للتلقيح.

أما حبوب اللقاح.. فقد وجد أنها تبدأ فى الإنبات فى غضون نصف ساعة من وضعها على المياسم فى أى من النظم الحرارية السابقة (٢٤، و٣٥، و٤٣ْم نهارًا، مع ١٨ ْم ليلاً)، وأنها تصل إلى نهاية القلم فى خلال ١٢ ساعة. كما لم يجد Mann & Woodbury (١٩٦٩) فرقًا جوهريًّا فى نسبة إنبات حبوب اللقاح حينما جمعت الساعة التاسعة صباحًا، أو الساعة الثانية والنصف بعد الظهر، إلا أن نسبة الإنبات تناقصت — سريعًا — بعد اليوم الأول من تفتح الزهرة، ووصلت إلى الصفر فى اليوم السادس.

تخزين حبوب اللقاح

تحتفظ حبوب لقاح البصل بحيويتها لفترات طويلة إذا خزنت فى حرارة منخفضة (–١٨ ْم)، ورطوبة نسبية منخفضة (٥٠٪). ويبين جدول (٢–٢) نتائج دراسات Kwan وآخرين (١٩٦٩ب) فى هذا الشأن.

جدول (٢–٢): تأثير الرطوبة النسبية أثناء التخزين — على حرارة –١٨ ْم — على حيوية حبوب لقاح البصل.

ظروف التخزين	مدة التخزين (يوم)	الإنبات كنسبة مئوية من الإنبات قبل التخزين
التجفيد freeze drying مع رطوبة ٥٠٪	١٩٨	٦٠
رطوبة ١٠٪	١٩٨	٣٨
رطوبة ٨٠٪	١٧٠	٤

اختبار إنبات حبوب اللقاح فى البيئات الصناعية

استخدم Mann & Woodbury (١٩٦٩) — لاختبار إنبات حبوب لقاح البصل — البيئة التالية:

المركب	التركيز
سكروز	١٠٪
H_3BO_3	١٠٠ جزء فى المليون
$Ca(NO_3)_2\ 14H_2O$	٣٠٠ جزء فى المليون
$MgSO_4\ 7H_2O$	٢٠٠ جزء فى المليون
KNO_3	١٠٠ جزء فى المليون
جيلاتين	١٪

تخلط حبوب اللقاح بالبيئة — جيدًا — باستعمال قضيب زجاجى، ثم توضع نقطة من البيئة فى طبق بترى ذى قاع مقسم إلى مربعات (٣٦ مربعًا عادة بكل طبق)؛ حيث يحتوى كل مربع على نقطة من مخلوط البيبئة مع حبوب اللقاح، يغطى الطبق لحفظ الرطوبة بداخله، ويترك لحين إنبات حبوب اللقاح.

وقد درس Kwan وآخرون (١٩٦٩أ) تأثير عدد من المركبات فى إنبات حبوب اللقاح فى البيئات الصناعية، وكانت نتائج دراستهم كما يلى:

١–كان حامض البوريك محفزًا على إنبات حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون، وسامًّا لها بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون.

٢–أحدث إندول حامض الخليك زيادة فى إنبات ونمو الأنابيب اللقاحية بتركيز ٠,٠٥ جزءًا فى المليون، ولكنه أوقف الإنبات بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون.

٣–أحدث حامض الجبريلليك زيادة فى نسبة إنبات ونمو الأنابيب اللقاحية بتركيزات ١٠٠ جزء فى المليون، و٢٠٠ جزء فى المليون.

٤–حفز حامضا الصكنك Succinic Acid، والفيوماريك Fumaric Acid إنبات

حبوب اللقاح فى التركيزات المنخفضة، إلا أن وجودهما بتركيزات مرتفعة (١٠٠ جزء فى المليون) أدى إلى انفجار الأنابيب اللقاحية.

٥- أدى تركيز ٢٥ جزءًا فى المليون من مستخلص الأبصال إلى تحفيز إنبات حبوب اللقاح، ونمو الأنابيب اللقاحية.

العقم الذكرى

طُرز العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى

اكتشف Jones & Clarke ظاهرة العقم الذكرى فى أحد نباتات البصل من السلالة 13-53 من الصنف إيتاليان رد Italian Red فى تكساس بالولايات المتحدة فى عام ١٩٢٥. ولحسن الحظ.. فإن هذا النبات مُنِعَ من التلقيح الخلطى؛ مما أدى إلى تكوينه بلابل فى الرأس الزهرية؛ وبذا أمكن إكثاره.

وأوضح الباحثان فى بحث كلاسيكى نشر عام ١٩٤٣ أن العقم الذكرى — فى هذا النبات — كان نتيجة للتفاعل بين عامل وراثى متنح فى النواة Chromogene، وعامل سيتوبلازمى Cytogene، وافترضا وجود نوعين من السيتوبلازم: أحدهما عادى Normal (أعطياه الرمز N)، والآخر عقيم Sterile (أعطياه الرمز S)، علمًا بان النباتات ذات السيتوبلازم العادى تكون خصبة الذكر، بينما تكون النباتات ذات السيتوبلازم العقيم إما عقيمة الذكر، وإما خصبة الذكر حسب وجود العامل النووى أو غيابه.

أما العامل الوراثى المتنحى.. فقد أعطياه الرمز ms، وكان هذا الجين عديم التأثير فى وجود السيتوبلازم العادى N. ولم تكن النباتات عقيمة الذكر إلا عند وجود هذا الجين على صورة متنحية أصيلة مع السيتوبلازم العقيم فى آن واحد (Smsms)؛ أى إن جميع التراكيب الوراثية التالية كانت خصبة الذكر: FMs- ، وSMs-، و F ms ms. وأمكن

بذلك فهم وراثة حالة العقم الذكرى؛ علمًا بأن السيتوبلازم لا يورث إلا عن طريق الأم. وكانت تلك أول حالة عرفت للعقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى النباتات.

لا تُنتج النباتات العقيمة الذكر Smsms حبوب لقاح خصبة؛ حيث تكون الحبوب فارغة، وتبقى غالبًا متجمعة داخل المتك وقت انتشار حبوب اللقاح.

ولقد لوحظت تباينات فى تمام ظهور حالة العقم الذكرى، حيث ظهرت بعض الخصوبة فى ظروف معينة مثل الحرارة العالية وباختلاف الأصناف والمواقع، لكن تلك الخصوبة الضعيفة الظهور لم تكن مؤثرة فى إنتاج الهجن (Dowker ١٩٩٠).

وأظهرت دراسة أجريت على ظاهرة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى أن جين استعادة الخصوبة السائد Ms لا تكون نفاذيته دائمًا بنسبة ١٠٠٪؛ حيث إنها انخفضت أحيانًا حتى ٤٦٪؛ بما يعنى ضرورة إجراء التقييم والانتخاب لعدة سنوات للتأكد من تواجد الجين Ms (Melgar & Havey ٢٠١٠).

لا يمكن إدامة حالة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى إلاّ فى وجود سلالة مؤنثة (عقيمة الذكر) تركيبها الوراثى Smsms، وسلالة مذكرة (خصبة الذكر) تركيبها الوراثى Nmsms، وهى السلالة التى تُفيد فى إكثار حالة العقم الذكرى (أى تكون maintainer line) وتعرف باسم B line، بينما تُعرف السلالة العقيمة الذكر باسم A line. وأى تركيب وراثى آخر للسلالة الخصة الذكر يُعطى عند تلقيحه للسلالة العقيمة الذكر إما نسل خصب الذكر أو نسل ينعزل فى تلك الصفة.

ويبين جدول (٢–٣) نتائج تلقيح نباتات عقيمة الذكر Smsms بحبوب لقاح نباتات خصبة تتباين فى تركيبها الوراثى (Brewster ١٩٩٤).

جدول (٢-٣): نتائج تلقيح نباتات عقيمة الذكر بحبوب لقاح نباتات خصبة تتباين فى تركيبها الوراثى.

الأم (عقيمة الذكر)	الأب (خصب الذكر)	نسل الجيل الأول
Smsms	NMsMs	SMsms خصبة الذكر
Smsms	NMsms	SMsms خصبة الذكر
		Smsms عقيمة الذكر
Smsms	Nmsms	Smsms عقيمة الذكر
Smsms	SMsMs	SMsms خصبة الذكر
Smsms	SMsms	SMsms خصبة الذكر
		Smsms عقيمة الذكر

ويمكن بالتهجين الرجعى للسلالة B لستة أجيال إنتاج نسخة جديدة من السلالة A (عقيمة الذكر) تكون مماثلة تمامًا وراثيًّا للسلالة B.

عُرف هذا الطراز من العقم الذكرى باسم S-cytoplasm، واستُخدم فى إنتاج البصل الهجين فى مختلف أرجاء العالم؛ حيث استخدم فى إنتاج حوالى ٥٠٪ من هجن البصل. وأعقب ذلك اكتشاف Beringer لمصدر آخر للعقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى (عرف بطراز T-cytoplasm) فى الصنف الفرنسى Jaune paille des venus، وذلك فى عام ١٩٦٥. وقد تبين أن هذا المصدر يختلف فى وراثة العقم الذكرى عما فى Italian Red 15-53؛ حيث اكتُشف أن به — بالإضافة إلى العامل السيتوبلازمى T — ثلاثة جينات مستقلة تتحكم فى استعادة الخصوبة فيه (أُعطيت الرموز A، و B ، و C)؛ بما يجعل وراثته معقدة ويُصعِّب الاعتماد عليه (Pathak ١٩٩٧).

ولقد استخدم هذا النظام فى إنتاج أول هجن — وهو VL-67 — فى عام ١٩٧٣، وأعقب ذلك أُنتج الهجين المحسن BYG-2207 × Almore Selection-2 (الذى أُطلق عليه اسم VPKAS)، وذلك فى عام ١٩٧٦.

ولقد نُقل هذا الطراز من العقم الذكرى إلى عديد من سلالات التربية بالتهجين الرجعى (عن Singh وآخرين ٢٠١٨).

ولقد اكتُشف العقم الذكرى فى عديد من العشائر الأخرى من البصل، وكانت — أساسًا — فى الأصناف طويلة النهار فى كل من أوروبا واليابان، ولكنها لم تُدرس ولم يُعرف علاقتها بكل من الـ S- والـ T-cytoplasm.

ومن المعتقد أن الاعتماد على مصدر واحد للعقم الذكرى السيتوبلازمى (الـ Italian Red 15-53) يمكن أن يُشكِّل خطورة عند تعرض الهجن لأى مشكلة تكون وراثتها عن طريق السيتوبلازم. كذلك فإن بعض العوامل البيئية يمكن أن تظهر معها بعض النباتات الخصبة الذكر فى العشائر العقيمة.

وفى الهند اكتُشفت صفة العقم الذكرى الوراثى القوى فى الصنف Nasik White Globe، ولم تتأثر تلك الصفة بالعوامل البيئية (Pathak ١٩٩٧، و٢٠٠٠، و Havey ٢٠٠٠).

هذا.. وقد يؤدى نقل السيتوبلازم من الأنواع البرية القريبة إلى الأنواع المنزرعة إلى إنتاج مصادر جديدة من العقم الذكرى السيتوبلازمى. ولدراسة هذا الاتجاه نُقل سيتوبلازم *Allium galanthum* للبصل بالتلقيح الرجعى لسبعة أجيال. تتميز أزهار سيتوبلازم *galanthum* عقيمة الذكر بمحيط زهرى منحن لأعلى وبأسدية بدون متوك؛ بما يسهل عملية التعرف على النباتات عقيمة الذكر (Singh وآخرون ٢٠١٨).

وبعد العثور على جين أو جينات إعادة الخصوبة لتلك الصفة، فإنه يرجى استخدام صفة العقم الذكرى تلك فى الإنتاج التجارى لبذور هجن البصل لأجل تنويع مصادر السيتوبلازم فى الهجن (Havey ١٩٩٩).

ويحمل *Allium roylei* جينًا — أو أكثر — بالنواة قادرة على استعادة الخصوبة فى البصل Rijnsnburger عقيم الذكر سيتوبلازميًّا، كما أن سيتوبلازم *A. roylei* يمكن أن يُحدث عقم ذكرى فى نسل تلقيحاته مع البصل (de Vries & Wietsma ١٩٩٢).

وقد أُجرى التلقيح بين *A. roylei* والشالوت، ثم ضوعفت كروموسومات نبات جيل أول واحد، وأُعقب ذلك التهجين الرجعى للشالوت لإنتاج نباتات جيل رجعى

أول متضاعفة هجينيًّا، وتلى ذلك التهجين الرجعى إلى البصل إلى أن حُصِلَ على بصل عقيم الذكر متضاعف هجينيًّا ويحتوى على سيتوبلازم *A. roylei* (Vu وآخرون ٢٠١١).

الواسمات الجزيئية للعقم الذكرى

أمكن تعليم جين العقم الذكرى Ms فى البصل بمعلمات وراثية جزيئية. ولهذه المعلمات أهمية خاصة بالنظر إلى أن البصل ذات حولين ويتطلب الأمر ٤–٨ سنوات من التهجين وتقييم الأشكال المظهرية للأنسال للتوصل إلى maintainer line (لإكثار السلالات عقيمة الذكر) من عشيرة أو سلالة ما. تحتوى مثل هذه السلالات المرغوب فيها على سيتوبلازم خِصب الذكر N وتكون أصيلة متنحية فى الموقع الجينى Ms (أى تكون Nmsms)، بينما تكون السلالة ذات العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى — التى تُستخدم فى إنتاج البذرة الهجين — ذات تركيب وراثى Smsms، علمًا بأن الجين Ms هو المسئول عن استرداد خاصية خصوبة الذكر فى السلالات ذات العقم الذكرى السيتوبلازمى S. ولقد أمكن التوصل إلى واسمات جزيئية تميز السيتوبلازم الـ N عن الـ S على مستوى الدنا، وترتبط بشدة مع عامل النواة Ms. لكن هذه المعلمات لم يمكن استعمالها لتحديد التراكيب الوراثية الـ maintainer فى عشائر البصل المفتوحة التلقيح (Gokce & Havcy ٢٠٠٢ أ، و Gokce وآخرون ٢٠٠٢ ب).

وأمكن التوصل إلى واسمتين SCAR لجين العقم الذكرى Ms فى البصل، هما: DNF-566 الذى يشترك فى الانعزال مع الآليل السائد Ms، و RNS-357 الذى ينعزل مع الآليل المتنحى ms؛ ليمكن بذلك التعرف على مختلف التراكيب الوراثية MsMs، و Msms، و msms. وباستعمال هاتين الواسمتين يمكن تقييم مختلف سلالات البصل أيًّا كانت خلفياتها الوراثية، مثل السلالات عقيمة الذكر، والسلالات الـ maintainer، والسلالات خصبة الذكر، والهجن التجارية (Yang وآخرون ٢٠١٣).

كما استُخدمت واسمة جزيئية (هى: orf 725) فى التمييز بين التراكيب الوراثية عقيمة الذكر والتراكيب الوراثية المستخدمة فى إكثارها (الـ maintainer)، وذلك فى مراحل النمو المبكرة للبادرات (Dhanya وآخرون ٢٠١٤).

كذلك أمكن التوصل إلى واسمات بسيطة تعتمد على الـ PCR ذات سيادة مشتركة وترتبط بالجين Ms، وكذلك واسمة CAPS ترتبط أيضًا بالجين Ms الذى يتحكم فى استعادة الخصوبة فى البصل (Bang وآخرون ٢٠١٣).

ووُجد أنه يمكن الاعتماد على الواسمتين الجزيئيتين jnurf13، و AcPms1 – خاصة الواسمة الأخيرة – فى تعرف التراكيب الوراثية الحاملة للجين Ms فى عشائر البصل الأمريكية (Havey & von Kohn ٢٠١٧).

وأمكن التوصل إلى واسمة multiplex ذات سيادة مشتركة co-dominant marker على أساس PCR ترتبط ارتباطًا تامًّا بجين استعادة الخصوبة Ms، وقد أُعطيت الرمز AcSKP1 (Huo وآخرون ٢٠١٥).

وأمكن تحديد واسمة SCAR وواسمة RAPD استُخدمتا فى التمييز بين السيتوبلازم الخصب N والسيتوبلازم العقيم S فى عدة أصناف من الـ Welsh onion (عن Simgh وآخرين ٢٠١٨).

كذلك أمكن تحديد تتابعات جينوم ميتوكوندريات كل من النباتات الخصبة، والتى تحمل الـ CMS-S والـ CMS-T. وأمكن – كذلك – التوصل إلى واسمة للتمييز بين سيتوبلازم تلك الحالات الثلاث (Kim & Kim ٢٠١٩).

إحداث العقم الذكرى بمبيدات الجاميطات

جرت عدة محاولات لإحداث العقم الذكرى فى البصل باستخدام مبيدات الجاميطات gametocides؛ فمثلا.. استخدم Van Der Meer & Van Bennekom (١٩٧٣) حامض الجبريلليك بتركيز ٢٪ رشًّا على النباتات فى بداية مرحلة الإزهار.

أحدثت هذه المعاملة عقمًا ذكريًّا مؤقتًا للنباتات فى بداية مرحلة الإزهار، وكان لها تأثير سيئ على إنتاج البذور. وقد أوصى الباحثان بالاستفادة منها؛ كبديل لعملية الخصى اليدوى فى عمليات التلقيح فى برامج التربية.

وفى دراسة تالية (١٩٧٦).. وجد الباحثان أن الرش المتكرر لنباتات البصل بمادة الـ Berelex (وهى $GA_{4/7}$) — بتركيز ١,٠٪–٣,٠٪ – أحدث نسبة عالية جدًّا من العقم الذكرى التام فى بداية مرحلة الإزهار. ونظرًا لأن ذلك كان مصاحبًا بنقص كبير فى إنتاج البذور.. لذا لم يعتقد الباحثان احتمال الاستفادة من المعاملة فى إنتاج البذرة الهجين. وأوضح الباحثان — بعد ذلك (١٩٨٢) — أن الـ Berelex ذو تأثير قوى على إنتاج حبوب اللقاح، بينما كان تأثيره فى حيوية حبوب اللقاح ضعيفًا أو معدومًا.

وقد توصلا إلى أن إنتاج بذرة البصل الهجين بهذه الطريقة غير اقتصادى؛ لانخفاض محصول البذور مع ارتفاع تكاليف المعاملة، إلا أنهما أوصيا بالاستفادة منها؛ كبديل لخصى النباتات عند إجراء التلقيحات فى برامج التربية.

إنتاج سلالات آباء الهجن

يُعد إنتاج السلالات الأصيلة وراثيًّا — أو شبه الأصيلة وراثيًّا — خطوة ضرورية لأجل استخدامها فى إنتاج الهجن، ويتحقق ذلك إما بالتربية الداخلية، وإما بمضاعفة النباتات الأحادية.

التربية الداخلية

أوضحت دراسات Jones & Davis فى عام ١٩٤٤ أن التربية الداخلية يُصاحبها — فى البصل — نقص شديد فى قوة النمو، يكون ظاهرًا بعد جيل واحد من التلقيح الذاتى، ويستمر مع استمرار التلقيح الذاتى بعد ذلك. وتفقد السلالات المرباة داخليًّا قدرتها على إنتاج البذور بعد ثلاثة أجيال من التلقيح الذاتى، وربما لا تتحمل التخزين؛ بسبب حالة الضعف الشديد التى تصيبها من جراء التربية الداخلية.

كذلك تؤدى التربية الداخلية لجيل واحد أو جيلين إلى زيادة التجانس بدرجة عالية، ولكن التجانس يزداد بزيادة التربية الداخلية إلى ثلاثة أجيال أو أربعة.

ونظرًا لكون البصل خلطى التلقيح بدرجة عالية، فإن إنتاج السلالات المرباة داخليًّا يُعد ضرورى للحصول على قوة هجين فى الهجن. هذا إلاّ أن التدهور الذى يُصاحب التربية الداخلية يكون عاليًا فى البصل إلى درجة أن التربية الداخلية لأكثر من ثلاثة أجيال تُنتج سلالات مرباة داخليًّا ضعيفة جدًّا. ولذا.. فإن ٢–٣ أجيال من التربية الداخلية يكتفى بها للحصول على سلالات مرباة داخليًّا جزئيًا.

ولقد وُجدت تباينات كبيرة ما بين سبعة أصناف من البصل فى مدى التدهور الذى صاحب التربية الداخلية فيها (Khan وآخرون ٢٠٠١).

إنتاج البصل الأحادى المضاعف

لا يمكن استمرار التربية الداخلية فى البصل — لأجل إنتاج السلالات المرباة داخليًّا — لأكثر من جيلين أو ثلاثة أجيال بسبب التدهور الشديد الذى يحدث فى قوة النمو. ويعنى ذلك استحالة الحصول على سلالات أصيلة وراثيًّا، وهى الصفة التى تلزم لأجل تحقيق التجانس فى الهجن التى تُستخدم فى إنتاجها. وتُعد السلالات الأحادية المضاعفة double haploids وسيلة بديلة للحصول على أصالة وراثية كاملة.

هذا، وبينما لم يمكن إنتاج نباتات أحادية من المتوك، فإن تحقيق ذلك أثناء الـ gynogensis كان ممكنًا.

وتكتسب النباتات الأحادية التى تتم مضاعفة كروموسوماتها doubled haplois أهمية خاصة فى البصل بالنظر إلى أنه ذات حولين؛ حيث يتطلب كل جيل من التربية الداخلية سنتين.

وتختلف سلالات البصل فى ميلها إلى إنتاج نباتات أحادية، وأمكن التعرف على سلالات أعلى جوهريًّا فى إنتاجها للنباتات الأحادية، كان أعلاها فى تلك الخاصية

السلالتان B0223B ، و B2923B. وقد وُجد أن القدرة على إنتاج نباتات أحادية فى السلالة B2923B تُورَّث كميًّا مع سيادة للإنتاج العالى. ويُقترح الانتخاب فى عائلات جيل التلقيح الذاتى الأول كوسيلة فعالة لزيادة إنتاج النباتات الأحادية من البويضات gynogenic haploid production فى البصل (Bohanec وآخرون ٢٠٠٣).

إن نجاح تطبيقات تكنولوجيا النباتات الأحادية المضاعفة double-haploids فى البصل يتطلب إنتاج أعداد كبيرة منها. ونظرًا لأن نسبة صغيرة فقط من نباتات البصل تنتج تلقائيًّا عن طريق نمو البويضات gynogenesis، فإن من الضرورى مضاعفة الكروموسومات. وتُعد عملية مضاعفة الكروموسومات من أكبر مُحدِّدات برامج إنتاج النباتات الأحادية المضاعفة فى البصل. ولقد عَرَضَ Alan وآخرون (٢٠٠٧) لثلاث استراتيجيات يمكن أن تفيد فى زيادة نسبة النباتات الأحادية المضاعفة من خلال الـ gynogenesis.

ولقد أمكن إنتاج سلالات أحادية مضاعفة الكروموسومات double haploids من البصل من خلفيات وراثية متباينة وخليطة وراثيًّا بدرجة عالية. ووُجد أن قوة نمو تلك السلالات كانت مقاربة لقوة النمو فى الأصناف المفتوحة التلقيح؛ إذ لم يظهر بها أى ضعف يذكر فى قوة النمو كما يحدث فى حالات التدهور مع التربية الداخلية inbreeding depression فى السلالات المرباة داخليًّا. وقد استمر ظهور قوة النمو فى الهجن التى استُخدمت تلك السلالات فى إنتاجها. وربما كان مرد قوة النمو فى كل من السلالات والهجن إلى أنه انتُخِبت عند إنتاج السلالات النبيتات plantlets التى لم تظهر بها جينات ضارة شبه مميتة sublethel أثناء عملية الـ gynogensis. وباعتبار قِصَر الفترة التى تلزم لإنتاج هذه السلالات مقارنة بفترة إنتاج السلالات المرباة داخليًّا، بالإضافة إلى قوة نموها كما فى الأصناف المفتوحة التلقيح، وقوة النمو فى الهجن التى تستخدم هذه السلالات فى إنتاجها؛ فإن استخدامها فى إنتاج هجن البصل يُعد أمرًا مرغوبًا فيه (Hyde وآخرون ٢٠١٢).

ومن أهم العوامل المؤثرة فى حث إنتاج النباتات الأحادية، ما يلى:

١- الاختيار المناسب للـ explants.

تُعد مزارع البراعم الزهرية أبسط طريقة لإنتاج النباتات الأحادية، وكانت البراعم الصغيرة بطول ٢,٨٠-٣,٠ مم أقل قدرة على إنتاج أجنة أحادية عن البراعم الأطول بطول ٣,٥-٤,٥ مم.

٢- الظروف السابقة لزراعة البراعم:

كانت البراعم الزهرية المُتحصل عليها من نباتات نمت على ١٥ °م أكثر استجابة بنحو ١٠ أضعاف عن تلك التى حُصِل عليها من نباتات نمت فى الصوبة أو فى حرارة ١٠ °م.

٣- مكونات بيئة الزراعة:

وجد أن أفضل البيئات للزراعة كانت كلاًّ من B5، و BDS، و MS.

هذا.. وقد استخدم فى مضاعفة الكروموسومات كلاًّ من الـ oryzalin، و trifluralin، والـ APM، وكانت جميعها أفضل من الكولشيسين، لكن يفضل استخدام الـ APM (بتركيز ١٠٠ أو ١٥٠ ميكرومول) بسبب قلة سُميته، وقدرته على إعطاء نتائج مماثلة لاستخدام الكولشيسين بتركيز ٧٥٠ أو ١٠٠٠ ميكرومول (Singh وآخرون ٢٠١٨).

ولمزيد من التفاصيل حول إنتاج سلالات البصل الأحادية المضاعفة.. يراجع Bohanec (٢٠٠٢).

الفصل الثالث

طرق تربية البصل

إنتاج أصناف البصل المفتوحة التلقيح

طرق التربية

تُعد أصناف البصل المفتوحة التلقيح متباينة وراثيًّا وتُكثر بإنتاج بذورها بالتلقيح المفتوح فى معزل.

وتنتج أو تربى أصناف البصل المفتوحة التلقيح بطرق التربية التالية:

١- التربية بالانتخاب الإجمالى:

يبدأ برنامج التربية بالانتخاب الإجمالى mass selection بانتخاب أفضل ١٪-٥٪ من أبصال العشيرة المراد تحسينها، إما بعد الحصاد أو بعد التخزين، ثم زراعتها لإنتاج بذورها بالتلقيح الخلطى الطبيعى فى معزل. يتطلب الأمر عدة دورات من الانتخاب والإكثار قبل إجراء الإكثار الموسع للعشيرة المحسنة التى تُصبح صنفًا جديدًا. ويتوقف نجاح هذه الطريقة على مدى توفر التباينات الوراثية التى تلزم لإجراء التحسين المطلوب من خلال الانتخاب، وكذلك على درجة توريث الصفات التى يُرغب فى تحسينها.

٢- التربية بالانتخاب الإجمالى الذى يأخذ التباينات الحقلية فى الاعتبار:

يُعد الانتخاب الإجمالى الذى يأخذ التباينات الحقلية فى الاعتبار stratified mass selection طريقة محسنة، وفيها تقسم المساحة الحقلية التى تُختار منها الأبصال التى يتم إكثارها إلى عدة أقسام متماثلة فى المساحة، ويُؤخذ من كل منها عدد متساو من الأبصال لأجل الإكثار. تأخذ تلك الطريقة فى الحُسبان تأثير التباينات البيئية على الصفات المظهرية للأبصال.

٣- التربية بالانتخاب على أساس العائلات:

لا يكون الانتخاب على أساس مظهر النباتات الفردية مجديًّا عند الرغبة فى تحسين صفات كمية، وعندما تكون درجة توريث الصفات المرغوب فيها منخفضة. وفى مثل تلك الحالات يكون من الأجدى إجراء الانتخاب على أساس متوسط أداء العائلات، مقارنة بالانتخاب على أساس مظهر الأبصال الفردية كوحدة للانتخاب.

٤- الانتخاب المتكرر:

تستغرق طريقة الانتخاب المتكرر recurrent selection حوالى ١٠-١٥ سنة لإنتاج صنف جديد. هذا بينما تستغرق طريقة الانتخاب الإجمال زمنًا أقل من ذلك بكثير (Dowker ١٩٩٠).

الأداء والدلائل الوراثية لأصناف البصل المصرى المفتوحة التلقيح

أُجرى تقييم لثمانية أصناف من البصل المصرى فى محطة شندويل للبحوث الزراعية بمحافظة سوهاج لدراسة أداء هذه الأصناف وتقدير عدد من الدلائل الوراثية genetic parameters بها. واشتملت تلك الأصناف على ما يلى: شندويل١، وجيزة ٦ محسن، وجيزة ٢٠ الأصلى، وصابينى Sabeeni، وشندويل المبكر، وجيزة ٢٠ الأبيض، وجيزة أبيض، وجيزة أحمر.

وقد أظهرت النتائج، ما يلى:

١-كان أعلى متوسط لكل من ارتفاع النبات، وعدد الأوراق/نبات، والوزن الطازج للنبات فى صنف الجيزة الأحمر.

٢-كان أعلى متوسط للوزن الجاف للنبات فى الصنف جيزة ٢٠ الأصلى فى الموسم الأول، والصنف جيزة ٦ محسن فى الموسم الثانى.

٣-كان Sabeeni أبكر الأصناف فى اكتمال النمو، وتلاه شندويل المبكر، وجيزة أبيض، بينما كان الصنفان جيزة ٢٠ الأبيض، وجيزة أحمر أكثر الأصناف تأخيرًا.

٤-كانت أصناف جيزة الأحمر الأعلى فى محصول الفدان، وتلاها الصنف جيزة ٢٠ الأصلى، بينما كان الصنف Sabeeni الأقل محصولاً.

٥-كان الصنف جيزة ٦ محسن الأعلى محصولاً صالحًا للتسويق/فدان.

٦-كان الصنف جيزة ٢٠ الأبيض الأعلى فى متوسط وزن البصلة.

٧-كان الصنف Saabeni الأقل فى كل من الأبصال المرفوضة culls/فدان، ونسبة الأبصال المزدوجة، ونسبة الأبصال الحنبوط.

٨-لم تتأثر نسبة المواد الصلبة الذائبة بالأبصال جوهريًّا بالصنف.

٩-تراوحت تقديرات درجة التوريث على النطاق العريض بين ١٣,٠٤٪، و ٩٧,٣٥٪، وكانت اعلى قيمة لمحصول الأبصال المرفوضة، وتلاها المحصول الصالح للتسويق والمحصول الكلى.

١٠- تراوحت نسبة التقدم الوراثى genetic advance بين ٥,٣٢٪ لمعامل التبصيل bulbing ratio، و٨٠,٣١٪ للأبصال المزدوجة (Marey &Marsy ٢٠١٠).

إنتاج أصناف البصل الهجين

تنتج بذور أصناف البصل الهجين بالتهجين بين سلالات مرباة داخليًّا inbred lines تكون على درجة عالية من التآلف. وبينما تقع على المربى مسئولية إنتاج السلالات المرباة داخليًا، والتعرف على المتآلفة منها.. فإن على منتج البذور مسئولية إكثار هذه السلالات، واستخدامها فى إنتاج بذور الهجن التجارية.

وتُنتج بذور البصل الهجين إما باتباع طريقة البصلة إلى البذرة، وإما بطريقة البذرة إلى البذرة. وتُعد طريقة البصلة إلى البذرة أكثر شيوعًا نظرًا لزيادة محصولها من البذور، ولسهولة إجراء عملية التخلص من النباتات غير المرغوب فيها قبل إنتاجها للبذور فى الجيل التالى. وفضلاً عن ذلك.. فإن طريقة البذرة للبذرة تتطلب كميات أكبر من بذور

الأساس basic seeds التى يجب أن تكون نقية نسبيًّا نظرًا لصعوبة إجراء عملية التخلص من النباتات الغريبة فيها.

ويجب أن يؤخذ — فى الحسبان — أن برنامج التربية اللازم لإنتاج صنف هجين من البصل يستغرق — عادة — من ١٥ إلى ٢٠ سنة، ولكن الفترة تقل عن ذلك فى حالة توفر السلالة (أ) العقيمة الذكر.

وللتفاصيل المتعلقة بإنتاج هجن البصل.. يمكن الرجوع إلى Pike (١٩٨٦).

استخدام ظاهرة العقم الذكرى فى إنتاج الهجن التجارية

يُستفاد من ظاهرة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى إنتاج الهجن التجارية للبصل. يجب أن نبحث أولاً عن نباتات عقيمة الذكر (تكون قد نشأت بصورة طبيعية) فى عشيرة كبيرة من نباتات الصنف المرغوب؛ لاستخدامها فى إنتاج الهجن.

أما إذا لم تتوفر تلك الناتات.. فإنه يمكن نقل صفة العقم الذكرى إلى الصنف المرغوب — حسب الحالة — كما يلى:

١– فى حالة توفر نباتات ذات تركيب وراثى Nmsms من الصنف المرغوب فيه:

لحسن الحظ. فإن الجين ms يتوفر فى معظم أصناف البصل فى جميع أنحاء العالم (Duvick ١٩٦٦). وإذا أمكن التعرف على نباتات ذات تركيب وراثى Nmsms فى صنف ما.. فإنه يمكن نقل صفة العقم الذكرى إليه — بسهولة — بتهجينه مع نبات عقيم الذكر من أى صنف، واستمرار تهجينه — رجعيًّا — بعد ذلك لمدة خمسة أجيال، تتكون بعدها سلالتان متماثلتان تمامًا، تكون إحداهما Smsms، وعقيمة، والأخرى N msms وخصبة. وتعطى السلالتان الرمزين (أ)، و (ب) على التوالى، وتستخدم السلالة (أ) كأم، والسلالة (ب) كأب عند إكثار بذور السلالة (أ) — العقيمة الذكر — سنويًّا.

وأفضل طريقة للتعرف على نباتات ذات تركيب وراثى Nmsms من الصنف

المرغوب فيه هى تلقيح مجموعة كبيرة من نباتات ذلك الصنف ذاتيًّا، مع تلقيح نورات أخرى — من نفس النباتات — مع نباتات عقيمة الذكر Smsms؛ حيث يكون النسل الناتج من التلقيح مع النباتات المرغوب فيها (Nmsms) عقيم الذكر. ويستدل — من الخبرة والتجربة — على أن نسبة النباتات التى يكون تركيبها الوراثى Nmsms تبلغ ٥٪ فى معظم أصناف البصل التجارية المفتوحة التلقيح، بينما بلغت النباتات الخليطة (NMs) فى أحد الأصناف ٥٠٪. يحتفظ بالبذور الناتجة من التلقيح الذاتى للنباتات — التى يستدل من الاختبار السابق على أنها ذات تركيب وراثى Nmsms — لتصبح السلالة (ب). وتستخدم تلك السلالة كأب رجعى فى برنامج للتربية بطريقة التهجين الرجعى؛ لنقل صفة العقم الذكرى إليها — من أى صنف آخر — بغرض إنتاج السلالة (أ).

٢- فى حالة عدم توفر نباتات ذات تركيب وراثى Nmsms فى الصنف المرغوب فيه:

يلزم فى حالة عدم توفر نباتات ذات تركيب وراثى Nmsms — فى الصنف المرغوب فيه — تلقيحه مع سلالة عقيمة الذكر Smsms — من صنف آخر — تستخدم كأم. يُلقح الجيل الأول (الذى يكون تركيبه الوراثى SMsms) رجعيًّا إلى الصنف الأصلى (المرغوب فيه) ؛ لإنتاج نباتات الجيل الأول للتلقيح الرجعى الأول التى يكون تركيبها الوراثى SMsMs، و SMsms بنسبة ١:١.

ويتم التمييز بين هاتين الفئتين من النباتات باختبار النسل، وتستمر التهجينات الرجعية باستعمال النباتات الخليطة (SMsms) إلى أن نحصل — فى نهاية البرنامج — على سلالة عقيمة الذكر (أ) ذات تركيب وراثى Smsms. تُكثر هذه السلالة — ويحافظ عليها — بتلقيحها بسلالة خصبة الذكر (ب) من نفس الصنف، يحصل عليها من نفس برنامج التهجين الرجعى السابق (Jones & Mann ١٩٦٣).

وتجدر الإشارة إلى أن معدل ظهور العامل ms يكون أعلى — بكثير — من معدل ظهور العامل السيتوبلازمى S فى مختلف الأصناف؛ فمثلاً.. تكون النسبة بينهما ١٩ : ١ فى الصنف Rijnsburger.

السلالات التى تلزم لإنتاج بذور الهجن

تلزم ثلاث سلالات لإنتاج بذور البصل الهجين، وهى:

السلالة	حالة الطلع	التركيب الوراثى
أ	عقيم	Smsms
ب	خصب	Nmsms
ج	خصب	NMsMs

تتماثل السلالتان (أ)، و (ب) فى جميع الصفات فيما عدا صفة العقم الذكرى، وتسمى السلالة (ج) بالقرين المفضل good combiner، وهى السلالة التى تعطى هجينًا جيدًا مع السلالة (أ).

تزرع السلالتان (أ)، و(ب) معًا، وتحصد بذور كل منها على حدة؛ فتكون البذور الناتجة من السلالة (أ) نسلاً لها، والبذور الناتجة من السلالة (ب) نسلاً لها كذلك؛ علمًا بأن حبوب لقاح السلالة (ب) تلقح كلا من السلالتين (أ)، و(ب). أما السلالة (ج).. فتزرع فى مكان منعزل؛ لإكثارها، والمحافظة عليها بالتلقيح الخلطى الطبيعى بين نباتاتها.

ونُلقى — فيما يلى — مزيدًا من الضوء على تلك السلالات:

تُعرف سلالات البصل خصبة الذكر ذات التركيب الوراثى Nmsms باسم maintainer lines (أى سلالات تحافظ على النسل العقيم الذكر)؛ لأنها تستخدم فى تلقيح السلالات عقيمة الذكر Smsms، ويكون نسلها Smsms وعقيم الذكر.

ويتعين إنتاج سلالات عقيمة الذكر وأخرى maintainer لأجل إنتاج الهجن. ويتعين أن تكون تلك السلالات متأقلمة على ظروف الإنتاج فى مناطق زراعة تلك الهجن ولقد عُثِرَ على نباتات عقيمة الذكر بنسبة منخفضة جدًّا فى عدد من عشائر البصل. كذلك عُثِرَ على نباتات ذات تركيب وراثى Nmsms (أى الـ naintainer) بنسبة حوالى ٥٪ فى معظم العشائر. وإذا ما أنتج التلقيح بين نبات مُكتشف عقيم الذكر وآخر خصب الذكر نسلاً كله عقيم الذكر، فإنه يكون لدينا مصدرًا جديدًا للعقم الذكرى ومصدرًا لسلالة maintainer. هذا إلاّ أن المعتاد هو التوصل إلى سلالة عقيمة الذكر جديدة تكون من مصادر غير متأقلمة، كأن يكون حُصِلَ عليها من مربٍ آخر فى منطقة أخرى. ومثل هذه النباتات تُلقَّح مع عدد من النباتات من عشيرة متأقلمة، مع زراعة النسل حتى الإزهار. وأى تلقيح ينتج عنه نسل عقيم الذكر بنسبة ١٠٠٪ يفيد فى التوصل إلى أن التركيب الوراثى لمصدر اللقاح الأصلى هو Nmsms؛ أى يكون سلالة maintainer.

وعادة.. فإن السلالات التى تُستخدم فى مثل هذه التلقيحات الاختبارية تكون قد أكثرت بالتلقيح الذاتى لجيل واحد حتى ثلاثة أجيال؛ وبذا.. فإنه يكون قد استُبعِدت منها أى آليلات متنحية غير مرغوب فيها، ويؤمِّن ذلك أن تكون الهجن التى تُنتج فى نهاية الأمر متجانسة وراثيًّا؛ ومن ثم تكون غالبًا متجانسة فى نموها.

وما أن يتم التعرف على سلالة maintainer فى عشيرة متأقلمة على ظروف النمو، فإن السلالة عقيمة الذكر يجب تطويرها بحيث تكون مماثلة كلية تقريبًا للسلالة الـ maintainer، ولكن مع حملها لعامل العقم الذكرى السيتوبلازمى S. ويُجرى ذلك بتكرار تلقيح النسل عقيم الذكر بلقاح السلالة الـ maintainer الأصلية المتأقلمة على ظروف الزراعة. فمع كل جيل من تلك التلقيحات يقل الإسهام الوراثى للسلالة عقيمة الذكر الأصلية Smsms بمقدار النصف؛ بما يعنى إنه بعد أربعة أجيال من التهجين الرجعى يكون ٩٦,٨٧٥٪ من الجينات التى تحملها السلالة Smsms حُصِلَ عليها من السلالة الـ Nmsms الأصلية، وتكون السلالة Smsms شبيهة بما يكفى للسلالة

Nmsms لاستخدامها (أى السلالة عقيمة الذكر) فى تلقيحات اختبارية للتعرف على الهجن قوية النمو.

ويلزم تطوير عدد من السلالات عقيمة الذكر والسلالات الـ maintainer المتأقلمة على ظروف النمو لزيادة فرصة الحصول على تلقيحات ناجحة. فعلى المربى عمل تلقيحات كثيرة مع سلالاته عقيمة الذكر وزراعة أنسالها وتقييمها للتعرف على أى الهجن أفضل من غيرها. هذا.. علمًا بأن السلالات خصبة الذكر التى تُستخدم فى إنتاج الهجن تكون — عادة — قد رُبيت ذاتيًّا لأجيال قليلة لأجل التخلص من الآليلات المتنحية الضارة منها.

ويستغرق إنتاج هجن البصل — عادة — نحو ١٥–٢٠ سنة؛ ذلك لأن كل دورة إنتاج بذور تتطلب عامين؛ فتُزرع البذور وتُنتخب الأبصال وتحصد وتخزن فى العام الأول، ثم تزرع الأبصال المنتخبة وتزرع لأجل إنتاج البذور فى العام الثانى.

ونظرًا لأن السلالات المستخدمة فى إنتاج الهجن تكون مرباة داخليًّا، فإنها غالبًا تكون ضعيفة النمو وقد تُعطى محصولاً ضعيفًا من البذور. وتُعد القدرة على إنتاج البذور ضرورة لأجل الإنتاج التجارى للهجن. كذلك فإن سلالات آباء الهجن يجب أن تتوافق فى موعد إزهارها ليمكنها أن تتلقح معًا (عن Brewster ١٩٩٤).

إنتاج بذور الهجن

لإنتاج بذرة الهجين التجارى.. تزرع بذور السلالتين (أ)، و(ج) معًا فى قطعة أرض منعزلة؛ بمعدل خط من السلالة (ج) لكل ٤–٨ خطوط من السلالة (أ)، ويتوقف ذلك على مدى قدرة السلالة (ج) على إنتاج حبوب اللقاح، وعلى نظام الميكنة المتبع.

يجب أن تزهر نباتات السلالتين (أ)، و(ج) فى وقت واحد، ويمكن تحقيق ذلك بالتحكم فى موعد الزراعة، وبالتحكم فى مدة الارتباع، وهى الفترة التى تخزن فيها الأبصال على حرارة ٧–١٠ °م؛ لكى تتهيأ للإزهار. وبينما يمكن السماح بالتكبير فى

إزهار السلالة (ج) قليلاً.. فإنه لا يجوز أن تزهر السلالة (أ) أولاً؛ لأن كمية البذرة الهجين المنتجة تنخفض بدرجة تتناسب مع مدى تبكيرها فى الإزهار عن السلالة (ج).

وبالرغم من اتخاذ كل الاحتياطات الممكنة.. فإنه تظهر — دائمًا — بعض النباتات الخصبة الذكر فى السلالة (أ). يمكن ملاحظة هذه النباتات — بسهولة — مع بعض التمرس على ذلك، وتجب إزالتها والتخلص منها خارج الحقل بمجرد التعرف عليها؛ لذا.. يلزم المرور فى الحقل عدة مرات فى بداية الإزهار لإجراء هذه المهمة.

تحصد بذور السلالة (ج) أولاً. ونظرًا لأن بذورها تكون عديمة القيمة.. فإنها قد تُحرث فى التربة، أو تقلع ويستغنى عنها. ويعقب ذلك حصاد البذرة الهجين، التى تكون منتجة على نباتات السلالة (أ) (Voss ١٩٧٩).

كيفية التوصل للهجن المتميزة

تنتج الهجن بالتلقيح بين السلالة العقيمة الذكر (أ) (Smsms) كأم والسلالة الخصبة الذكر (ج) (NMsMs) كأب. تكون السلالة (ج) مرباة داخليًّا ومختلفة ومتباينة وراثيًّا عن السلالة (أ)، وهى تُنتج بالتلقيح الذاتى للنباتات فى السلالات المنتخبة لجيل أو جيلين، ثم تُكثر بالتلقيحات الأخوية. وللتعرف على هجين جيل أول مناسب لاحتمالات الإكثار التجارى تُلقح سلالة (أ) بعديد من سلالات (ج). ويتم التعرف على أفضل الهجن التى تُعطى قوة هجين فى المحصول والصفات المرغوب فيها لأجل الإنتاج التجارى.

ولإكثار السلالة عقيمة الذكر (أ)، فإن السلالة (ج)، والسلالة (ب) يجب أن يظلا فى حالة نقية، ويُعد ذلك أهم الأمور التى يجب مراعاتها فى عملية إنتاج بذور الهجن.

إنتاج الهجن الثلاثية

يُعتبر انخفاض محصول البذور من أهم مشاكل إنتاج البذرة الهجين، وهو الأمر الذى يحدث جرّاء التدهور مع التربية الداخلية عند إنتاج السلالات. هذا إلاّ أن التربية الداخلية تُعد ضرورية للحصول على أكبر قدر من التجانس ومحصول الأبصال فى الهجن.

وأثناء التربية الداخلية فإن السلالة عقيمة الذكر (السلالة أ) يمكن أن تفقد قوة نموها وينخفض إنتاجها من الأزهار تبعًا لذلك، ويكون ذلك مُصاحبًا بنقصٍ فى حجم الأزهار وعددها بالنورة، مع انخفاض فى فترة استعداد المياسم للتلقيح فى الزهرة الواحدة، وكذلك حدوث إجهاض فى البويضات.

وللتغلب على تلك المشكلة تُستبدل السلالة (أ) بهجن فردى عقيم الذكر، يُزرع بالتبادل مع السلالة (ج)؛ لإنتاج هجن ثلاثى.

وبذا.. فإن إنتاج هجن البصل الثلاثية يكون على مرحلتين: الأولى تتلقح فيها السلالة عقيمة الذكر ذات التركيب الوراثى Smsms بسلالة مختلفة عنها وراثيًّا وذات تركيب وراثى Nmsms؛ وبذا.. تُنتج بذور جيل أول عقيمة الذكر، ولكنها تكون قوية النمو وقادرة على إنتاج قدر أكبر من البذور عما يمكن للسلالة (أ) إنتاجه. وفى المرحلة الثانية تُستعمل أبصال الجيل الأول كأم وتلقح بسلالة خصبة أخرى ج (هى الـ line C). وتُستخدم البذور التى تُنتجها سلالة الجيل الأول الخصبة فى الإنتاج التجارى كهجين ثلاثى.

ومن المهم المحافظة على تجانس الأبصال فى الهجين الثلاثى. ولتحقيق ذلك تُنتخب سلالات الآباء المتشابهة مظهريًّا وتلقح بطريقة تسمح بالحد من التباين فى الشكل المظهرى للأبصال (عن Pathak ٢٠٠٠).

إكثار بذور سلالات الآباء

يجب إجراء الإكثار الابتدائى لبذور السلالات (أ)، و (ب)، و (ج) فى معزل، وغالبًا ما يُجرى ذلك فى أقفاص سلكية screen cages. تُزرع أبصال السلالتين (أ)، و (ب) عمومًا فى نفس القفص، بينما تُزرع أبصال السلالة (ج) فى قفص منفصل. ويتوقف حجم القفص على كمية البذرة التى يُراد إنتاجها. تُزرع عادة أعداد متساوية من أبصال السلالتين (أ)، و (ب) فى خطوط منفصلة فى القفص. وعند تفتح الأزهار يوضع

غطاء من الشبك فوق كل مجموعة من النباتات. ومن المهم ربط الشماريخ الزهرية لنباتات الخطوط الخارجية إلى أوتاد تثبت فى الأرض لمنعها من ملامسة الشبك لتجنب احتمال تلوثها بلقاح غريب يمكن أن تحمله الحشرات.

ومع بداية تفتح الأزهار يُفحص كل نبات بعناية للتأكد من حالة إنتاجه لحبوب اللقاح؛ حيث يتعين التخلص فورًا من أى نبات يكون خصب الذكر فى السلالة (أ) وأى نبات يكون عقيم الذكر فى السلالة (ب). ويضمن ذلك نقاء البذور. وما أن ينتهى فحص جميع النباتات توضع خلية نحل داخل القفص لتأكيد حدوث التلقيح.

يُجرى الحصاد بحرص شديد من كلٍ من السلالتين (أ)؛ و (ب) على انفراد لمنع حدوث أى خلط ميكانيكى.

أما السلالة (ج) فتكثر منفردة فى قفص سلكى مستقل.

أما عند إنتاج بذور السلالات على نطاق واسع فإنها تُزرع فى الحقل المفتوح مع مراعاة العزل الكافى. ويجب ألاّ تقل مسافة العزل بين أى سلالتين خصبتى الذكر عن ٣ كيلومترات. تنتج بذور السلالة (أ) بزراعة خطوط متبادلة من السلالتين (أ)، و(ب). ويُجرى التخلص من النباتات غير المرغوب فيها – كما أسلفنا – بيانه تحت الأقفاص. وتكثر بذور السلالة (ج) بنفس الطريقة فى منطقة معزولة تمامًا. ومن المهم إبقاء خلايا نحل حول حقل إنتاج البذرة لتأكيد حدوث التلقيح (عن Pathak ٢٠٠٠).

مسافة العزل

لا يجب أن تقل مسافة العزل عن ٢ كم، ويفضل ألا تقل عن ٣ كم، لكن المسافة المثلى للعزل هى ٥ كم، وذلك لتجنب وصول أى حبوب لقاح غريبة للحقل من أى مصدر كان بأى حشرة ولو برية (عن Pathak ٢٠٠٠).

الاحتياجات البيئية المناسبة لإنتاج بذور الهجن

يُعد اختيار الموقع المناسب لإنتاج البذور مفتاح النجاح فى تلك العملية. فمنطقة الإنتاج يجب أن تكون منخفضة فى الرطوبة النسبية، ومعتدلة البرودة فى المرحلة الأولى

من النمو النباتى، على أن يلى ذلك حرارة مرتفعة فى المرحلة المتاخرة من النمو. وتؤدى فترات الأمطار الطويلة أو الندى والضباب إلى زيادة أخطار الإصابة بالأمراض مثل البياض الزغبى واللطعة الأرجوانية ولفحة أوراق استمفيللم. وعندما تكون النباتات فى مرحلة الإزهار يلزم أن يكون الجو صحوًا لكى يزيد النشاط الحشرى اللازم للتلقيح. كذلك من المهم توفر جو حار جاف خلال مرحلة الحصاد والمعالجة واستخلاص البذور. وتُنتج بذور الهجن القصيرة النهار والطويلة النهار فى مناطق مختلفة (عن Pathak ٢٠٠٠).

تداول الأبصال فى برامج إنتاج الهجن

إنتاج أبصال الأمهات

يتماثل إنتاج أبصال الأمهات mother bulbs — بصورة عامة — مع طريقة الإنتاج التجارى للأبصال، فيما عدا أن إنتاج أبصال الأمهات يتطلب زراعة البذور بمعدلات أعلى لكى نمنع إنتاج أبصال كبيرة جدًّا فى الحجم، وهى التى تكون — عمومًا — أقل قدرة على التخزين. ويجب اتخاذ إجراءات خاصة لمكافحة الأمراض الهامة.

تُزرع عادة السلالات (أ)، و (ب)، و (ج) فى نفس الحقل، ولكن منفصلة عن بعضها البعض بما يكفى لمنع الخلط الميكانيكى، مع تمييز كلٍ منها بالعلامات الدالة عليها.

يلعب حجم البصلة دورًا هامًّا فى إنتاج البذور. وكلما ازداد حجم البصلة الأم كلما ازداد إنتاجها من البذور، إلاّ إنها لا تتحمل التخزين جيدًا. وعند زراعة الأبصال الأقل حجمًا بكثافة أعلى فى الحقل، فإنها تُعطى إنتاجًا عاليًا من البذور من وحدة المساحة على الرغم من انخفاض إنتاج النبات الواحد. كذلك يتوقف الحجم المناسب للبصلة على الصنف أو السلالة المرباة داخليًّا، ولكن يفضل عمومًا استخدام أبصال بقطر ٤–٦ سم.

تحصد أبصال الأمهات عند ميل النمو الخضرى لأسفل. ويفيد معالجة الأبصال لمدة أسبوع فى زيادة قدرتها التخزينية. ويتم قطع النمو القمى عن البصلة بعد جفاف العنق.

ومن الأهمية بمكان تعليم كل سلالة جيدًا قبل تخزين أبصالها؛ واتخاذ كافة الإجراءات لبقاء أبصال كل سلالة منفصلة. وتخزن الأبصال لحين زراعتها لأجل إنتاج البذور.

تخزين أبصال الأمهات

تخزن أبصال الأمهات فى ظروف تماثل ظروف تخزين المحصول التجارى. ويفضل أن يكون تخزين الأبصال خلال الشتاء فى حرارة الغرفة نظرًا لأن الارتباع يحدث فى الحقل بعد زراعة الأبصال. هذا إلاّ أن المناطق الاستوائية لا تتوفر فيها الحرارة المنخفضة لحث الارتباع، كما أن الأصناف التى تزرع فى تلك المناطق لا تحتاج – عادة – لحرارة منخفضة لكى تُستحثّ على الإزهار. وتلك الأبصال تُخزن فى حرارة الغرفة العالية قبل زراعتها فى الموسم البارد.

وعمومًا.. فإن الحرارة المثلى لمنع التزريع والعفن فى المخازن هى صفر –٣ °م، إلاّ إنها لا تناسب حث الإزهار، نظرًا لأن ظروف تخزين أبصال الأمهات، وخاصة درجة الحرارة ومدة التخزين تؤثر فى موعد التزهير، وعدد النورات، ومحصول البذور. ويُعد التخزين على ١٠ °م لمدة ثلاثة شهور كافٍ لحث الإزهار فى معظم الأصناف. وتجب زراعة أبصال الأمهات – لأجل إنتاج البذور – عندما تكون الحرارة منخفضة لتجنب التأثير المثبط للحرارة العالية على الإزهار.

هذا.. ويزرع البصل فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية كمحصول شتوى، وبعد حصاد أبصال الأمهات فى الربيع فإنها تحزن خلال فصل الصيف، ثم تُزرع فى الخريف. ولا تحتاج السلالات المتأقلمة على تلك المناطق للارتباع حتى تزهر.

زراعة أبصال الأمهات

تُزرع أبصال الأمهات – لأجل إنتاج البذور فى المناطق الدافئة – فى فصل الخريف، بينما تكون الزراعة فى المناطق الباردة فى الخريف لبعض الأصناف وفى الربيع لأصناف أخرى.

تكون زراعة الأبصال فى خطوط تبعد عن بعضها البعض بنحو ٥٠–١٠٠ سم؛ ليمكن إجراء العمليات الزراعية بسهولة. وفى حالة السلالات المرباة داخليًّا يفضل زيادة كثافة الزراعة لأجل زيادة محصول البذور، خاصة وأن محصول بذور النبات الواحد يكون منخفضًا. لكن يُعاب على كثافة الزراعة العالية ضَعْف التهوية حول النباتات، وبطء الجفاف بعد الرى، وزيادة تعرض النباتات للإصابة بالأمراض عند زيادة الندى والرطوبة. ولتحسين التهوية مع زيادة محصول البذور يوصى بزيادة مسافة الزراعة بين الخطوط وزيادتها داخل الخط.

تُزرع الأبصال المنتخبة من السلالة عقيمة الذكر (السلالة أ) والسلالة الخصبة الذكر (السلالة ج) بعناية فى خطوط مستقلة بالتبادل. ويزرع عادة ثمانى خطوط من السلالة الأم عقيمة الذكر بالتبادل مع خطين من السلالة الملقحة الخصبة الذكر. وقد أوصى — كذلك — بنسبة ١٢ خط عقيم الذكر : ٢ خصب، وبنسبة ٩ عقيم : ١ خصب فى دراسات مختلفة (عن Pathak ٢٠٠٠).

كسر سكون الأبصال لأجل إسراع إنباتها بعد الحصاد

تدخل أبصال أصناف البصل طويلة النهار فى فترة سكون داخلى endodormancy تبدأ من قبل الحصاد وتستمر لعدة أسابيع بعد الحصاد حسب التركيب الوراثى. ويعتمد إنتاج البذور فى البصل على المعاملة بالحرارة المنخفضة لكسر السكون الداخلى، ولأجل ارتباع الأبصال. وعندما تُزرع الأبصال سريعًا بعد حصادها فإن حالة السكون الداخلى تؤخر النمو؛ ومن ثم يكون الإزهار وإنتاج البذور بطيئًا. ولقد وُجد أن معاملة الأبصال لمدة ساعتين أو أربع ساعات بفوق أكسيد الأيدروجين بتركيز ٢٠٪ (وزن إلى حجم) كانت عالية الكفاءة فى حث نمو جذرى متجانس فى الأبصال الساكنة داخليًّا، وكان التبكير فى الوقت الذى لزم للتجذير — مقارنة بالمعاملة بالماء النقى — ٦١,٣٪. ويُفيد ذلك فى إسراع إنتاج البذور فى برامج التربية (D'Angelo & Goldman ٢٠١٩).

محصول بذور الهجن

وجد أن المحصول النسبى للبذور التى تُنتجها الأبصال المفردة بعد التلقيح الذاتى لا يمكن استخدامه كدليل للتنبؤ بمحصول بذور عائلات الأنسال التى تنتج منها، ولكن محصول بذور السلالات المرباة داخليًّا قد يعكس محصول البذرة الهجين للسلالات عقيمة الذكر فى الهجن (Villanueva-Mosqueda and Havey ٢٠٠١).

ويُعد انخفاض محصول البذور أحد مشاكل إنتاج بذور البصل؛ بسبب ضعف سلالات آباء الهجن، وربما — كذلك — بسبب عدم إقبال النحل على زيارة أزهار السلالات العقيمة الذكر؛ حيث يقل إقبالها عليها جوهريًّا عن إقباله على زيارة الأزهار الخصبة الذكر. ولقد وجدت اختلافات بين أصناف البصل فى محتوى السكروز برحيق أزهارها، ووُجدت علاقة إيجابية بين محتوى السكروز برحيق الأزهار وزيارة النحل لها (عن Havey ١٩٩٣).

ويفضل لأجل زيادة إنتاج محصول بذور هجن البصل الانتخاب لصفة زيادة إنتاج الرحيق بالأزهار؛ ذلك لأنه وُجد ارتباط جوهرى موجب بين متوسط كمية الرحيق الذى تنتجه أى من النورات أو الزهيرات florets المفردة وعدد زيارات النحل لها (Silva & Dean ٢٠٠٠).

عمليات الخدمة فى حقول إنتاج البذور

يجب الاهتمام بتوفير الرطوبة الأرضية للحصول على أعلى محصول من البذور. ويفضل أن يكون الرى سطحيًّا عير الخطوط أو بالتنقيط. يتعين — كذلك — الاهتمام بالتسميد الكافى، ومكافحة الأمراض الهامة.

وتجرى عملية التخلص من النباتات غير المرغوب فيها rouging خلال مرحلة إنتاج الأبصال وكذلك وقت الإزهار. يُلاحظ فى هذا الشأن لون الأبصال وشكلها وطراز النمو الخضرى وارتفاع الحنبوط الزهرى لتحديد النباتات الغريبة. وفى حقول إنتاج البذور تُستبعد فى الحال أى نباتات خصبة الذكر فى السلالة الأم عقيمة الذكر.

ولأجل إنتاج أكبر قدر من البذور عالية الجودة يجب أن يتوافق موعد إزهار السلالتين (أ)، و(ج). وإن لم يحدث ذلك طبيعيًّا فإنه يتعين تعديل مواعيد زراعتهما لكى يتوافق موعد إزهارهما. كذلك يؤخذ فى الحسبان أن عدد الأيام حتى الإزهار يتأثر بحرارة التخزين.

ومن الأهمية بمكان توفير خلايا نحل العسل فى الحقل خلال فترة الإزهار. ويكفى – عادة ٨–١٠ خلايا/هكتار (حوالى ٤ خلايا/فدان). توضع بعض من تلك الخلايا عند تفتح نحو ٥٠٪ من النورات، وتوضع باقى الخلايا بالتدريج مع مزيد من الإزهار، وذلك حتى يجد النحل ما يكفيه من الرحيق واللقاح، فلا ينتقل لحقل آخر بحثًا عن غذائه (Pathak ٢٠٠٠).

ولقد وُجد أن النحل يستمر فى نشاطه فى زيارة الأزهار والتنقل بينها على امتداد خطوط الآباء غالبًا؛ حيث لا يزيد التنقل عبر الخطوط عن ١١٪. ويُعد ذلك مناسبًا للحشرة ذاتها، من حيث التوفير فى طاقة التنقل، ولكنه لا يناسب إنتاج البذرة الهجين، حتى ولو كانت الآباء عقيمة الذكر بنفس جاذبية السلالات الخصبة الذكر فيما يتعلق بإنتاج الرحيق. ولذا.. يتعين توفير كثافة عالية من النحل، مع اختيار سلالات عقيمة الذكر تكون غنية فى الرحيق.

ويجب أن يؤخذ فى الحسبان تفضيل النحل للتغذية على أزهار بعض المحاصيل الأخرى على البصل، مثل البرسيم الحجازى والجزر (Currah ١٩٩٠).

ويجب الحرص عند استخدام المبيدات الحشرية حتى لا يُضار النحل.

ولقد لوحظ انحفاض نشاط النحل فى جمع الرحيق عند زيادة تركيز البوتاسيوم فيه، وكذلك عند زيادة تركيز السكر بالرحيق عن ٥٠٪.

وجدير بالذكر أن الحرارة الشديدة الارتفاع تقلل من إنبات حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية، وتؤدى إلى زيادة تدهور البويضات (عن Pathak ٢٠٠٠).

الحصاد واستخلص البذور وتداولها

تظهر الحوامل النورية بدءًا من شهر فبراير، ويستمر ظهورها خلال شهرى فبراير ومارس، وتظهر الأزهار فى شهرى مارس وأبريل، وتنضج البذور خلال شهرى مايو ويونيو.

موعد وطريقة الحصاد

يستغرق اكتمال تكوين البذور ٣٠–٥٠ يومًا من تفتح الزهرة حسب الصنف. تُحصد بذور السلالتين (أ)، و (ب) مستقلتين، مع أخذ الحيطة حتى لا يحدث أى خلط ميكانيكى بينهما. ويمكن البدء فى حصاد السلالة (ج) قبل حصاد بذور السلالة (أ)، وقبل الوقت الأمثل للحصاد (وذلك عندما تُظهر نحو ٢٥٪ من النورات بعض الثمار والبذور السوداء)؛ لأجل حصاد بذرة الهجين فى وقتها المناسب خالية من أى تلوث.

وكثيرًا ما يتم الاستغناء عن بذور السلالة (ج). وفى هذه الحالة يجب التخلص من النباتات المذكرة (الخصبة) بمجرد انتهاء التلقيح. هذا.. بينما تُسوَّق البذور التى تُحصد من الأم عقيمة الذكر (السلالة أ) تجاريًّا كبذور جيل أول هجين.

قد تحصد البذور يدويًّا أو آليًّا. يكون الحصاد اليدوى عندما يظهر للعين بذورًا سوداء فى٢٥٪ من النورات. تقطع النورات بنحو ١٥ سم من الشمراخ. أما الحصاد الآلى فيجب أن يُجرى عندما تظهر بذورًا سوداء فى ١٪–٣٪ من النورات.

ويوصى البعض بأن يكون الحصاد الآلى عندما تظهر البذور السوداء فى نحو ٥٪ من النورات نتيجة لتفتح الثمار بها. وبرغم أن الحصاد فى هذه المرحلة يودى إلى انتثار بعض البذور، إلا أن الفقد يكون قليلاً. ولا ينصح بالحصاد قبل وصول النباتات إلى هذه المرحلة؛ وذلك لأنها تكون غير مكتملة النضج، وتنخفض فيها نسبة الإنبات.

وتجدر الإشارة إلى أن البذور تكون سوداء اللون أيضًا، وهى فى مرحلة النضج اللبنى milk stage لكن الثمار تكون مغلقة فلا تظهر منها البذور، كذلك لا ينصح

بالتأخير فى الحصاد عن مرحلة النضج التى سبقت الإشارة إليها؛ لأن ذلك يؤدى إلى انتثار نسبة كبيرة من البذور.

ونظرًا لأن نورات البصل لا تنضج كلها فى وقت واحد؛ لذا يجرى الحصاد على دفعتين، ويحصد فى الدفعة الأولى منهما نحو ٧٠٪ من النورات، وفى الثانية باقى النورات.

وقد وجد Steiner & Akintobi (١٩٨٦) أنه يمكن حصاد البذور عندما تحتوى على ٦٦٪ رطوبة، دون أن تحدث أية تأثيرات سلبية على حجم البذور أو حيويتها، كما يمكن الانتظار لحين انخفاض نسبة الرطوبة فى البذور إلى ٥٢٪. أما الانتظار لأكثر من ذلك، فإنه يؤدى إلى فقد نسبة كبيرة من البذور بالانتثار.

يجرى الحصاد فى الصباح الباكر؛ وذلك لتقليل كمية البذور التى تفقد بالانتثار، ويتم ذلك بقطع النورات مع نحو ١٠–٢٠ سم من الحامل النووى إما يدويًا، وإما بسكين حاد. ويجب أن توضع النورة فى راحة اليد أثناء قطع الحامل لتقليل انتثار البذور.

تجفيف النورات واستخلاص البذور

تنشر النورات بعد حصادها على مفارش خاصة، على أن تكون غير مكدسة، وفى طبقة بسمك ٢٠ سم، ومعرضة للشمس طوال النهار. وتقلب النورات مرتين يوميًّا، خاصة الأيام الأولى؛ حتى يكون تجفيفها متجانسًا، وحتى لا تتعفن الرؤوس النورية التى توجد فى الطبقات السفلية. وتستغرق هذه العملية نحو ٢–٣ أسابيع، كما يساعد الجو الحار الجاف فى مصر — وقت الحصاد — على نجاح عملية التجفيف. أما المناطق التى لا تتوفر بها هذه الظروف، فيتم تجفيف النورات فيها بتعريضها لتيار من الهواء الدافئ.

تكون البذور جاهزة للدارس عندما تُصبح الثمار العُلَبة capsules والبذور الصغيرة هشة ويسهل فصلها عند فركها فى راحة اليد. ويُجرى معظم الدارس آليًّا، وتؤخذ

الاحتياطات حتى لا تُضار البذور. ويلى ذلك جمع البذور فى الأكياس. أما الكميات الصغيرة من البذور فيتم دراستها بالفرك والحك بين ألواح خشبية أو مطاطية.

وقبل وضع البذور فى الأكياس فإنها تُنظف بالهواء أو بالجاذبية أو بالغمر فى الماء لمدة لا تزيد عن ٢–٣ دقائق لفصل الشوائب التى تطفو على السطح. وفى الحالة الأخيرة يتعين تجفيف البذور فى الحال حتى أقل من ١٢٪ رطوبة وتستخدم الغرابيل يدويًّا لتنظيف الكميات الصغيرة من البذور.

تجفيف البذور

تجفف البذور فى مصر بنشرها فى الشمس لمدة يوم أو يومين. أما فى المناطق التى لا يتوفر بها جو حار جاف.. فإن البذور تجفف بتعريضها لتيار من الهواء الدافئ. وتعرض البذور أولاً لهواء حرارته ٣٢°م، حتى تنخفض نسبة الرطوبة بها إلى ١٨٪، ثم ترفع حرارة تيار الهواء إلى ٣٨°م، إلى أن تنخفض رطوبة البذور إلى ١٠٪، ويلى ذلك رفع حرارة تيار هواء التجفيف إلى ٤٣°م، ويستمر ذلك إلى حين جفاف البذور، ويساعد تجفيف البذور إلى أن تصبح نسبة الرطوبة بها ٦٪ على احتفاظها بحيويتها فترة طويلة، وخاصة إذا حفظت بعد ذلك فى أوعية غير منفذة للرطوبة.

محصول البذور

يقدر محصول البذرة الهجين بنحو ٥٠٠–٨٠٠ كجم للهكتار أو نحو ٢١٠–٣٤٠ كجم للفدان (عن Pathak ٢٠٠٠).

تخزين البذور

تتوقف حيوية البذور أثناء تخزينها على كل من محتواها الرطوبى وحرارة التخزين. ففى الحرارة والرطوبة النسبية العاليتين تفقد البذور حيويتها فى خلال سنة واحدة. وإذا جُفِّفت البذور إلى محتوى رطوبى ٦,٣٪ أو أقل مع تعبئتها فى عبوات محكمة الإغلاق فإنه يمكن المحافظة على حيويتها لمدة ثلاث سنوات على الأقل حتى

فى الجو الدافئ. ويعمل التخزين فى الحرارة المنخفضة على زيادة فترة احتفاظ البذور بحيويتها. ويمكن إطالة فترة احتفاظ البذور بحيويتها بجعل البذور شديدة الجفاف أو بتخزينها فى حرارة منخفضة. ويعتبر خَيار التجفيف هو الأسهل وهو المتبع غالبًا تجاريًّا (عن Pathak ٢٠٠٠).

الفصل الرابع

أهداف تربية البصل، ووراثة الصفات، والبيوتكنولوجى

أهداف التربية

يجب أن تتوفر فى جميع أصناف البصل – أيًّا كان الغرض من زراعتها – الصفات التالية:

١- المحصول الجيد.

٢- التأقلم على الفترة الضوئية فى منطقة الإنتاج.

٣- مقاومة الأمراض والحشرات الهامة السائدة.

٤- مقاومة الإزهار المبكر.

وبالإضافة إلى ما سبق.. فإنه يجب أن تتوفر – فى أصناف البصل التى تسوق طازجة – الصفات التالية:

١- أن تتناسب درجة الحرافة مع ذوق المستهلك، ويفضل البصل المتوسط الحرافة.

٢- أن يكون الصنف متجانسًا فى الشكل، والحجم، واللون، وأن تتناسب هذه الصفات مع ذوق المستهلك.

٣- أن يكون ذا قدرة تخزينية جيدة.

٤- أن تقل نسبة الأبصال المزدوجة به.

أما أصناف البصل التى تسوق بعد تجفيفها.. فلا بد أن تتوفر فيها – بالإضافة إلى الشروط العامة التى سبق بيانها – الشروط التالية:

١- أن تكون الأبصال بيضاء اللون.

٢- أن ترتفع فيها نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية.

٣- أن تكون منطقتا الرقبة والجذور صغيرتين.

٤- ألا تتلون أو يتكون فيها طعم مر بعد التجفيف.

٥- أن تكون أبصالها متجانسة حتى تجف جميع الشرائح بنفس الدرجة.

أما أصناف البصل التى تزرع لأجل إنتاج بصيلات التخليل Pikles:

فإنه يفضل أن تكون أبصالها بيضاء اللون، وذات رقبة رفيعة، ومجموع جذرى صغير، وساق قرصية صغيرة، كما يفضل أن تكون الأبصال مفلطحة بطبيعتها؛ وذلك لأن الزراعة الكثيفة تجعلها كروية، بينما تؤدى الزراعة الكثيفة للأصناف ذات الأبصال الكروية إلى إنتاج بصيلات بيضاوية غير مرغوبة فى التخليل.

وبالنسبة للبصل الأخضر:

فإنه يفضل أن يكون الصنف المستعمل ذا أبصال بيضاء. وأنسب الأصناف هى تلك التى تحتاج إلى نهار أطول مما يكون عليه الحال فى منطقة الإنتاج؛ حتى لا تكون أبصالاً.

وقد قدم Goldman وآخرون (٢٠٠١) عرضًا لتاريخ برامج تربية البصل — بما تضمنته من أهداف — فى الجامعات ومحطات البحوث الزراعية بالولايات المتحدة.

وراثة الصفات

تعرف وراثة بعض الصفات المميزة، التى يمكن اعتبار بعضها جينات مُعلِّمة. ويستفيد المربى من معرفته لوراثة تلك الصفات فى التمييز بين الأنسال الناتجة من التلقيح الذاتى، وتلك الناتجة من التهجينات. ومن أمثلة تلك الصفات — وجميعها متنحية — ما يلى (عن Pike ١٩٨٦):

الصفة	الجين المسئول عنها
البادرات الألبينو albino seedling	a a
البادرات الصفراء yellow المرتبطة بالبرَّاقة glossy	y1 y1
البادرات الصفراء غير المرتبطة بالبراقة	y2 y2
البادرات الخضراء الباهتة pale green	pg pg
البادرات الخضراء المصفرة virescent	vv
النمو الخضرى البرَّاق glossy	gl gl
المتوك المكشوفة exposed anther	ea ea
المتوك الصفراء yellow anther	ya ya

ومن الصفات الأخرى البسيطة.. صفة الحامل النورى القصير dwarf scape، التى يتحكم فيها جين واحد متنح يأخذ الرمز dw1، ويتأثر ظهورها — قليلاً — بجينات محورة. تتميز الطفرة ببطء نمو الشمراخ الزهرى، وتوقف استطالته فى وقت مبكر. يمكن أن يفيد هذا الجين فى منع رقاد النباتات — فى حقول إنتاج البذور — وتسهيل حصاد البذور آليًّا. وجدير بالذكر أن معاملة هذه النباتات بحامض الجبريلليك — بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون — لم يؤد إلى استطالة شمراخها الزهرى، بينما أدت معاملة النباتات العادية (Dw1 Dw1) بالإثيفون — بتركيز ٥٠٠–٥٠٠٠ جزء فى المليون — إلى قصر شمايخها الزهرية (Rabinowitch وآخرون ١٩٩١).

ومن أهم الصفات التى دُرست وراثتها فى البصل، ما يلى (عن Dowker ١٩٩٠، و Cramer & Havey ١٩٩٩، و Khar وآخرين ٢٠٠٨):

الجين	الصفة
ea	المتوك المكشوفة exposed anthers، وفيها لا يُحيط الغلاف الزهرى perianth كليًّا بالأعضاء الجنسية للزهرة
ya	المتوك الصفراء yellow anthers
a	ألبينو albino– طفرة مميتة
b	غلاف بذرى بنى اللون brown seed coat مقابل الأسود السائد

الجين	الصفة
dw_1	شمراخ زهرى متقزم dwarf secdstalk
Foc1	المقاومة لعفن قاعدة البصلة الفيوزارى Fusarium basal plate rot resistance1. سائد جزئيًا مع Foc2
Foc2	المقاومة لعفن قاعدة البصلة الفيوزارى.. سائد جزئيًّا مع Foc1.
gl	النمو الخضرى اللامع glossy.. يرتبط بالمقاومة للتربس.
gls_1	شمراخ زهرى لامع. سائد سيادة فائقة على gls_2. يرتبط بالمقاومة للتربس.
gls_2	شمراخ زهرى لامع. يرتبط بالمقاومة للتربس.
pg	نمو خضرى أخضر فاتح pale green.
Pd_1	المقاومة للبياض الدقيقى. جين سائد من *A. roylei*.
pr_1	المقاومة للجذر الوردى.
s_1	المقاومة للبياض الزغبى — يوجد فى Calred
s_2	المقاومة للبياض الزغبى — يوجد فى Calred.
v	النمو الخضرى الأخضر المصفر virescent
y_1	النمو الخضرى الأصفر — طفرة مميتة
y_2	النمو الخضرى الأصفر — طفرة مميتة

تُجمع بعض الدراسات على أن درجة توريث صفتى قطر البصلة ووزنها منخفضة، بينما درجة توريث ارتفاع البصلة ودليل شكلها (ارتفاعها على قطرها) مرتفعة نسبيًّا (عن Havey ١٩٩٣).

ولقد أظهرت عديد من صفات البصل درجات عالية من القدرة العامة والقدرة الخاصة على التآلف، وكان منها: نضج البصلة (التبكير)، والمحصول ومكوناته (عدد الحلقات بالبصلة، وسُمك الحلقات)، وصلابة البصلة، وقدرتها التخزينية (عن Havey ١٩٩٣).

ولمزيد من التفاصيل حول وراثة وتربية البصل.. يمكن الرجوع لكل من: Rabinowitch & Brewster (١٩٩٠)، و Dowker (١٩٩٠)، و Havey (١٩٩٣).

الواسمات والخرائط الجزيئية

أمكن التعرف على عديد من واسمات الصفات فى البصل، نُبين معظمها تحت مختلف الصفات فى فصول أخرى من الكتاب.

ومن بين الواسمات البيوكيميائية (isozymes) التى أمكن التعرف عليها، ما يلى (عن Cramer & Havey ١٩٩٩):

Alcohol dehydrogenase (*Adh*-1)
Acid phosphatase (*Aps*-1,2)
Alkaline phosphatase
Catalase
Cholinesterase
Esterase
Glucose-6-phosphate dehydrogenase
Glutamate dehydrogenase
Glycerate dehydrogenase (*Gdh*-1)
Glutamate oxaloacetate transaminase (*Got*-1,2,3)
Isocitrate dehydrogenase (*Idh*-1)
Lactate dehydrogenase
Malate dehydrogenase (*Mdh*-1)
NAD^+-glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase
$NADP^+$-glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase
NAD^+-malate dehydrogenase
$NADP^+$-malate dehydrogenase
$NADH_2$-tetrazolium reductase
$NADPH_2$-tetrazolium reductase
Peroxidase (*Prx*-1)

6-phosphogluconate dehydrogenase (*6Pgdh*-1,2)

Phosphoglucoisomerase (*Pgi*-1)

Phosphoglucomutase (*Pgm*-1)

Superoxide dismutase (*Sod*)

ومن بين الواسمات المورفولوجية، ما يلى (عن Cramer & Havey ١٩٩٩):

الجين	الصفة وملاحظات
a	Albino. Chlorophyll-deficient seedlings soon die after germination.
b	Brown seed coat. Wild-type is black
C	Colored bulb scales. Must be dominant to get colored bulbs. All bulbs white when absent.
Crb-$_1$	Complementary red bulb. May be either R or L.
dw$_1$	Dwarf seedstalk. Other genes may also be involved in seedstalk height.
ea	Exposed anther. Perianth does not fully develop around anthers.
Foc1	Fusarium basal plate rot resistance 1. Partially dominant with Foc2.
Foc2	Fusarium basal plate rot resistance 2. Partially dominant with Foc1.
G	Golden scale color. Recessive allele gives chartreuse. Must have dominant allele for red bulb color.
gl	Glossy foliage. Correlated with resistance to thrips.
gls$_1$	Glossy scape 1. Epistatic to gls2. Correlated with resistance to thrips.
gls$_2$	Glossy scape 2. Correlated with resistance to thrips.
I	Inhibitor of scale color. Must be recessive to get colored scales.
L	Results in red bulbs when dominant, particularly when the R locus is recessive.
ms	Male-sterile. Dominant allele conditions male fertility for plants with S cytoplasm. All plants with N cytoplasm are male-fertile.
pg	Pale green foliage.
Pd$_1$	Downy mildew resistance 1. Dominant gene from *A. roylei*.

الجين	الصفة وملاحظات
Pr_1	Pink root resistance. Other genes may be involved in resistance.
R	Red scale color. Recessive allele results in yellow or brown-colored bulbs.
s_1	Downy mildew resistance 1. Found in 'Calred'.
s_2	Downy mildew resistance 2. Found in 'Calred'.
Ta	Nuclear restorer gene for CMS-T. Originally designated as A.
Tb	Complementary nuclear restorer gene for CMS-T.C locus must also be dominant to restore male fertility. Originally designated as B.
Tc	Complementary nuclear restorer gene for CMS-T. B locus must also be dominant to restore male fertility. Originally designated as C.
v	Virescent foliage. Plants with this phenotype not as vigorous in growth as nonvirescent foliage plants.
y_1	Yellow lethal. Linked with glossy foliage.
y_2	Yellow lethal. Not linked with glossy foliage.
ya	Yellow anther.

استخدام الواسمات فى دراسات الحنبطة

ولقد وُجدت مناطق على الكروموسومات١، و٣، و٦ ترتبط بالحنبطة (الإزهار المبكر)، وأمكن التعرف على QTL على الكروموسوم ١ – أُعطيت الرمز AcBlt1 – ووجد أنها تتحكم فى الجنبطة بشكل منتظم (Baldwin وآخرون ٢٠١٤).

كما أمكن التعرف على اثنتان من الـ QTLs على علاقة بوقت الحنبطة على كل من المجموعتين الارتباطيتين 1a، و 2a. وقد تبين من دراسة شملت العشيرة SaT03 (من تهجين بين السلالة المبكرة الإزهار Sa03، والمتأخرة T03) من البصل اليابانى الأخضر *A. fistulosum*.. تبين وجود QTL ذا تأثير رئيسى تقع على الكروموسوم 2a (Wako وآخرون ٢٠١٦).

استخدام الواسمات الجزيئية فى دراسات التنوع الوراثى

يحدث أحيانًا خلط بين البصل والبصل اليابانى الأخضر *A. fistulosum* عند إنتاج البذور، ويكون من الصعب التعرف على البذور الناتجة من ذلك التلقيح نظرًا للتشابه الشديد بين البصل والبصل اليابانى الأخضر فى الصفات المورفولوجية للبادرات. وقد أمكن تطوير واسمتى PCR (اعتمادًا على جينوم الميتوكوندريات)، كانت إحداها خاصة بالبصل فقط، والأخرى خاصة بالبصل اليابانى الأخضر فقط (Kim & Kim ٢٠١٩).

واستخدمت واسمات RAPD فى التمييز بين عدد من أصناف وسلالات البصل، وفى التنبؤ بحالتى الخصوبة والعقم فى النباتات (Sayed وآخرون ٢٠١٠).

ولقد وفرت واسمات جزيئية متنوعة تقييمًا شاملاً للتباينات الوراثية فى جيرمبلازم البصل، وشملت الواسمات كلاًّ من: RFLP، و RAPD، و ISSR، و SSR، و CAPS، و SNP، إلاّ إن واسمات SSR كانت هى الأهم فى هذا الشأن (Singh وآخرون ٢٠١٨).

الخرائط الجزيئية

أمكن باستخدام واسمات SNP عمل خريطة تفصيلية لعشيرة هجين بين صنف من البصل والهجين النوعى *A. roylei* × *A. fistulosum*، كما أمكن التعرف على QTL لمقاومة الفطر *Botrytis squamosa* فى *A. roylei* (Scholten وآخرون ٢٠١٦).

وأُنشئت أول خريطة وراثية جزيئية للبصل اليابانى الأخضر باستعمال واسمات AFLP، بينما أُنشئت أول خريطة جزيئية للبصل باستعمال ١١٦ واسمة RAPD، و RFLP وشملت ١٢ مجموعة ارتباطية بمتوسط مسافة 9 cM (Singh وآخرون ٢٠١٨).

ولمزيد من التفاصيل حول الوراثة الجزيئية وجهود تحسين البصل بأساليب التكنولوجيا الجزيئية.. يُراجع Khosa وآخرين (٢٠١٦).

كما يمكن الرجوع إلى McCollum (٢٠٠٧) بخصوص واسمات البصل الجزيئية بأنواعها، والخرائط الجزيئية، وبيوتكنولوجى مختلف الصفات المورفولوجية والاقتصادية.

مزارع الأنسجة والتحويل الوراثى

سبقت الإشارة إلى استخدام مزارع البويضات فى إنتاج النباتات الأحادية العدد الكروموسومى لأجل مضاعفتها لإنتاج سلالات أحادية مضاعفة أصيلة وراثيًّا.

وتُعد أفضل النظم للـ regeneration فى البصل استخدام الأجنة غير المكتملة النمو، والقمة النامية للجذور، والبراعم الزهرية، ومزارع المعلقات، أو البروتوبلاست.. استخدامها فى التوليد (عن Singh وآخرين ٢٠١٨).

وللإطلاع على التفاصيل المتعلقة ببروتوكولات مزارع الأنسجة فى كل من البصل والثوم والكرات.. يراجع Novak وآخرين (١٩٨٦)، و Novak (١٩٩٠).

وبالنسبة لدراسات التحويل الوراثى، فقد أمكن تحويل البصل وراثيًّا بجين تحمل الجليوفوسيت glyphosate (باستخدام البكتيريا *Agrobacterium*)، وجعله مقاومًا لمبيدات الحشائش التى تحتوى على الجليوفوسيت، مثل روند أب Round-up. هذا إلاّ إن ذلك البصل المحول وراثيًّا لم يُستخدم تجاريًّا.

كذلك أمكن تثبيط نشاط الإنزيم الذى يقوم بتمثيل المركب المسئول عن إدماع العين (lachrymatory factor synthase)؛ الأمر الذى انخفض معه نشاط الإنزيم بنحو ١٥٤٤ ضعف؛ وبذا.. أُنتج بصل لا يدمع العين، وفيه لا يتحول مركب الـ isoallin إلى lachrymatory factor، مع بقاء مركبات الـ thiosulfinates، وهى التى يُرغب فيها لأجل الطعم المميز للبصل ولصحة الإنسان (Eady وآخرون ٢٠٠٨، و Singh وآخرون ٢٠١٨، و SinceDaily — الإنترنت — ٢٠٠٨).

ولمزيد من التفاصيل حول التحول الوراثى فى البصل.. يراجع Eady (٢٠٠٢).

الفصل الخامس

تربية البصل لتحسين صفات الجودة

تمهيد

تتحدد جودة أصناف البصل بكلٍ من لون البصلة (محتواها من الأنثوسيانين والفلافونويدات)، وصلابتها، وعدد حراشيف البصلة، وعدد مراكز النمو فيها، وسمك الرقبة، ومحتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية بها، والحرافة، ومضادات الأكسدة فيها.

وتتطلب مصانع تصنيع البصل أصنافًا بيضاء اللون ذات مركز نمو واحد single centered، مع ارتفاع محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية والمادة الجافة.

ويزداد محتوى الأبصال الحمراء من مضادات الأكسدة عما فى الأبصال الصفراء والبيضاء، وإن كان من الممكن تربية بصل أصفر غنى بمضادات الأكسدة بزيادة محتواها من الفينولات.

ويوجد طلب كبير جدًّا على بصل ذات مركز نمو واحد لأجل الاستهلاك الطازج ولصناعات حلقات البصل (عن Singh وآخرين ٢٠١٨).

حجم وشكل البصلة وحراشيفها

درس McCollum (١٩٦٨) درجة توريث بعض صفات الجودة الكمية فى البصل، وتوصل إلى النتائج التالية:

الصفة	درجة التوريث
وزن البصلة	صفر — ٠,٢٨
قطر البصلة	صفر–٠,٢٧
طول البصلة	٠,٤٥–٠,٤٨
دليل الشكل Shape Index	٠,٨٩–٠,٦٢

يقل انفصال وتشقق حراشيف الأبصال بزيادة أعدادها فى البصلة، وبزيادة كل من سمك الحراشيف ووزنها الجاف الخاص specific dry weight، بينما لم تلاحظ علاقة مع المحتوى الرطوبى للحراشيف. ولقد احتوت الحراشيف الداخلية على رطوبة أكبر وكانت أكثر مرونة. ولذا.. فإن التربية لتحسين نوعية الحراشيف يمكن أن تتحقق بالانتخاب لزيادة أعدادها وزيادة وزنها الجاف الخاص (Hole وآخرين ٢٠٠٢).

الأبصال وحيدة المركز

مع زيادة الطلب على الأبصال وحيدة المركز (شكل ٥-١).. اتجهت التربية نحو تحقيق ذلك الهدف.



شكل (٥-١): أبصال وحيدة المركز.

ولقد أمكن زيادة عدد الأبصال وحيدة المركز single centered bulbs بنسبة ١٩٪، و٢٢٪ فى عشيرتين من البصل (هما: 62-90، و 8-69-89، على التوالى) بعد جيل واحد من الانتخاب، وقُدِّرت درجة التوريث المتحققة realized لتلك الصفة بمقدار ٣٧٪، و٣٤٪ فى العشيرتين، على التوالى (Wall وآخرون ١٩٩٦).

حرافة الأبصال ومحتواها الكربوهيدرات ومن المركبات الكبريتية

علاقة الحرافة بالمحتوى الكبريتى وبمحتوى حامض البيروفك

تتباين أصناف البصل كثيرًا فى مستوى حرافة أبصالها. وقد استُخدمت دلائل متنوعة لقياس الحرافة ومقارنة الأصناف. ففى إحدى الدراسات استُخدم الكبريت المتطاير لمقارنة ١٦ صنفًا، ووُجد أنه يتباين من ٥٩ إلى ١٥٦ جزءًا فى المليون. كذلك استخدم المركب المسئول عن إسالة الدموع thiopropanal S-oxide فى مقارنة حرافة تسعة أصناف.

ونظرًا لسهولة قياس حامض البيروفك المنتج إنزيميًّا، فإنه استُخدم كمقياس لمقارنة الحرافة بين أصناف البصل فى عدد من الدراسات. وفى إحداها تباين محتوى حامض البيروفك من ١ إلى ٢٢ ميكرومول/جم وزن طازج من نسيج البصلة. ولكن باعتبار أن حامض البيروفك يَنتج عن تحلل كل بادئات الطعم، فإنه يُعطى — فقط — تقديرًا إجماليًّا لشدة الطعم، ولا يمكن استخدامه دليلاً للتمييز بين الأصناف فى جودة الطعم.

واستخدمت — كذلك — الـ ACSOs الكلية والمفردة كدليل للتمييز بين الأصناف فى جودة الطعم وشدته.

وتتباين الأصناف فى محتواها من الكبريت الكلى، وربما ترجع الاختلافات بين الأصناف إلى اختلافها فى امتصاص العنصر وأيضه. وبدراسة ٦٢ صنفًا وُجد أن محتوى أوراقها من الكبريت الكلى يتراوح من ١,١١ إلى ٠,٦٩٪ من الوزن الجاف، بينما تباين محتوى أبصالها من ١,٠٣ إلى ٠,٤٦٪، وكان الارتباط ضعيفًا بين محتوى الكبريت فى الأوراق. وفى الأبصال، وبين محتوى الأبصال من الكبريت ومحتواها من حامض البيروفك المنتج إنزيميًّا. ويُستدل من ذلك أن الأصناف تتباين فى طريقة اشتراك الكبريت فى إنتاج مركبات ذات علاقة بالطعم ومركبات غير محددة للطعم (Randle & Lancaster ٢٠٠٢).

لقد أجرى تقييم شمل ٦٢ صنفًا وسلالة من البصل لمحتوى أوراقها وأبصالها من الكبريت ومدى حرافة أبصالها، وتبين وجود اختلافات جوهرية بينها فى هاتين الصفتين، وكانت الحرافة قد قُدِّرت فى صورة حامض البيروفيك pyruvate المنتج إنزيميًّا (Randle ١٩٩٢).

ووُجد ارتباط جوهرى جدًّا بين تقديرات حامض البيروفيك المنتجَ إنزيميًّا كدليل على الحرافة — وبين متوسط تقديرات الإحساس بالطعم، وتراوحت تقديرات مُعامل الارتباط بين الصفتين بين ٠,٧٩، و ٠,٩٩، ومعامل الانحدار بينهما بين ٠,٦٢، و ٠,٩١؛ بما يعنى إمكان الاعتماد على تقديرات الـ pyruvate كوسيلة للانتخاب للحرافة فى برامج تربية البصل (Wall & Corgan ١٩٩٢).

ومن الطرق التى تختلف فيها الأصناف فى مدى إشراك الكبريت فى إنتاج مختلف المركبات تباينها فى اختزال SO_4^{-2}، ومن ثم دخولها فى مسار إنتاج مركبات الطعم؛ حيث تكون الأصناف الحارة أكثر كفاءة فى اختزال SO_4^{-2}، بينما تُخزِّن الأصناف قليلة الحرافة قدرًا أكبر من الكبريت الممتص على صورة SO_4^{-2} فى الفجوات العصارية، ومن ثم يُستبعد من مسار إنتاج مركبات الطعم.

كذلك تختلف أصناف البصل فى مستوى نشاط الأليينيز allinase فى البيئة الصناعية، ويزداد نشاط الإنزيم فى أبصال الأصناف الحارة بمقدار ٢–٣ أضعاف نشاطه فى الأصناف المعتدلة الحرافة، ولكن لم يمكن الاعتماد على تلك الخاصية فى التمييز بين الأصناف لأنها تأثرت بمستوى ومدى توفر الكبريت للنباتات (Randle & Lancaster ٢٠٠٢).

وراثة الحرافة والصفات المرتبطة بها

قُدرت درجة توريث حرافة البصل على النطاق الضيق (على أساس انحدار النسل على الآباء (parent-offspring regression) بنحو ٠,٧١، كما وُجد أن الصفة يتحكم فيها عدد

قليل من الجينات. كذلك أوضحت الدراسات أن الفعل الإضافى للجينات كان له تأثير أكبر عن فعل السيادة على كل من صفتى الحرافة ومحتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية، وأن درجة توريث هاتين الصفتين تراوحت بين ٠٫٤، و٠٫٨ (عن Simon ١٩٩٥).

وقد أكدت دراسات Simon (١٩٩٥) نتائج الدراسات السابقة عليه، حيث أظهرت غلبة التباين الإضافى لصفتى حرافة الأبصال ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة، مع عدم وجود تأثيرات أمية على أى من الصفتين، مع تواجد بعض السيادة لصفة الحرافة المنخفضة. كما قُدرت درجة التوريث على النطاق العريض بنحو ٠٫٦٤ للحرافة، و ٠٫٨٣ لمحتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية.

وتبين أن محتوى أبصال البصل من كل من المواد الصلبة الذائبة وحامض البيروفك يورَّثا بصورة كمية، بجينات ذات تأثير إضافى. وقد تراوحت تقديرات درجة التوريث على النطاق العريض من ٤٨٪ إلى ٥٣٪ لمحتوى حامض البيروفك، ومن ٨٪ إلى ٥٦٪ لمحتوى المواد الصلبة الذائبة، وكان ارتباط الشكل المظهرى بين محتوى حامض البيروفك ومحتوى المواد الصلبة (r) متوسطًا وموجبًا؛ حيث قُدِّر – فى أفراد الجيل الثانى لتلقيحين – بنحو ٠٫٥٠، و٠٫٤٢ (Lin وآخرون ١٩٩٥).

وفى دراسات أخرى قُدِّرت درجة توريث الحرافة على النطاق العريض فى أصناف طويلة النهار بين ٠٫١٣، و٠٫٥٦ كما وجد أن أن توريث حرافة البصلة تحكم فيه أساسًا تأثيرات جينية إضافية؛ بما يعنى أن الانتخاب لتلك الصفة ممكن.

وفى دراسة موسعة على أصناف طويلة النهار تراوحت درجة التوريث على النطاق العريض بين ٠٫٣٤، و ٠٫٨٩، مع تأثير جينى إضافى بصورة أساسية (Randle & Lancaster ٢٠٠٢).

وقُدِّرت درجة التوريث على النطاق العريض لصفة الحرافة pungency فى البصل بنحو ٧٨٪ إلى ٨٠٪ (McCollum وآخرون ٢٠٠٧).

ولقد شكَّلت الاختلافات الوراثية ٨١,٣٪ من التباين الكلى فى حرافة الأبصال، بينما شكَّلت العوامل البيئية وموقع الزراعة — معًا — والتفاعل بين سلالة البصل والموقع ١١,٤٪، و ٧,٣٪ من التباين الكلى، على التوالى. هذا.. وقد تراوح مُعامل الاختلاف coefficient of variation لحرافة الأبصال من ٨٪ للسلالات المرباة داخليًّا إلى ١٠,٦٪ فى الهجن، وإلى ٢١,٣٪ فى الأصناف المفتوحة التلقيح (Yoo وآخرون ٢٠٠٦).

التربية لإنتاج البصل قليل الحرافة

بتحديد درجة حرافة الأبصال — بصورة غير مباشرة — بتقدير محتواها من حامض البيروفك المُنتج إنزيميًّا.. أمكن بعد جيل واحد من الانتخاب خفض الحرافة بمقدار ٨,١٪، و٨,٩٪ فى عشيرتين من البصل (هما: 1-61-90، و 8-69-89، على التوالى)، كما قُدرت درجة التوريث المتحققة realized بمقدار ٢١٪، و٥١٪ فى العشيرتين، على التوالى. هذا.. بينما لم يكن للانتخاب أى تأثير فى خفض الحرافة فى عشيرة ثالثة (هى: 62-90) (Wall وآخرون ١٩٩٦).

ولقد بدأ فى جامعة تكساس Texas A&M — فى عام ١٩٧٢ — برنامج لتربية أصناف من البصل قليلة الحرافة أفرز — حتى عام ١٩٩٧ — ثمانية أصناف كان أولها — وأشهرها — الصنف Texas Grano 1015Y (Pike ١٩٩٧).

كذلك أنتجت جامعة ولاية نيوميكسيكو سلسلة من أصناف البصل الحلوة (قليلة الحرافة) أُطلق عليها NuMex نسبة إلى New Mexico، منها NuMex Sweetpak وهو مبكر، و NuMex Arthur وهو متأخر، وغيرهما (Walker & Silva ٢٠٠٨).

ولقد أمكن تحقيق تقدم ملموس فى تربية بصل قليل الحرافة باتباع طريقة الانتخاب المتكرر فى أصناف قصيرة النهار. ويُستدل من الدراسة إمكان إنتاج بصل قليل الحرافة (١,٥ مللى مول حامض بيروفك 1.5mM pyruvic acid) فى خلال عشر سنوات بالانتخاب المتكرر (Yoo وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد أسلفنا فى الفصل السابق الإشارة إلى استخدام تقنيات التحويل الوراثى فى إنتاج بصل خالٍ من المركب المسيل للدموع.

محتوى الأبصال من المواد الصلبة الذائبة ووراثتها

تُشكِّل المواد الصلبة الذائبة الجزء الأكبر من المادة الجافة فى أصناف بصل التجفيف وقد أمكن تحسين نسبة المواد الصلبة الذائبة بنحو ٦,٦٪ وكانت درجة التوريث المتحققة realized heritability لتلك الصفة ٦٤٪ فى إحدى عشائر البصل (العشيرة: BP335-S)، و٣٦٪ فى عشيرة أخرى (هى: BP 924-S). أما درجة التوريث على النطاق الضيق فقد قُدرت بنحو ٥٨٪ و٣٠٪ للعشيرتين، على التوالى. ولقد كان اختبار النسل فعَّالاً فى إجراء عملية الانتخاب (Wall & Corgan ١٩٩٩).

وفى دراسة أخرى.. تراوحت درجة التوريث المتحققة realized heritability لصفة محتوى البصلة من المواد الصلبة الذائبة بين ٠,٣٦، و٠,٦٤ فى عشيرتين من بصل التجفيف، كما تراوحت درجة التوريث على النطاق الضيق بين ٠,٣، و ٠,٥٨ (Wall & Corgan ١٩٩٩).

هذا.. وتُعد الفروكتانات هى الكربوهيدرات الذائبة الرئيسية فى البصل، ويُظهر تركيزها ارتباطات جوهرية مع كل من الوزن الجاف والحرافة. وقد عُرِّفت مناطق من الكروموسومين ٥، و ٨ يرتبط بهما تركيزات أعلى من الكربوهيدرات الذائبة فى الأبصال. ومع فقد الأبصال لسكونها بين اليوم الثلاثين واليوم التسعين بعد الحصاد، وجد أنه يحدث انخفاض جوهرى فى تركيز الفروكتان، وقد وجد أن الوزن الجاف للأبصال ارتبط سلبيًّا بتركيز الفراكتوز وإيجابيًّا بتركيز السكروز والفروكتانات. وتبين أن المنطقة التى سبق تعريفها بالكروموسوم ٥ أثرت على الوزن الجاف للبصلة، بينما أثرت تلك التى بالكروموسوم ٨ جوهريًّا على كل من الوزن الجاف للبصلة وتركيز الفروكتان بها. ومن الواضح أن تلك المناطق تُسهم – مستقلة – فى تواجد كميات أكبر من الكربوهيدرات الذائبة (Raines وآخرون ٢٠٠٩).

ولقد أظهرت دراسة أُجريت على أصناف بصل تُزرع فى غرب أوروبا تفوق الصنف Birnformige على جميع الأصناف المقيمة فى محتوى الأبصال من كل من الفروكتان fructan، وحامض البيروفك pyruvic acid. وأكدت الدراسة أيضًا وجود ارتباط سلبى بين محتوى الأبصال من المعادن مثل الكالسيوم والمغنيسيوم ومحتواها من الفروكتان (Pérez وآخرون ٢٠١٨).

محتوى الأبصال من المركبات الهامة طبيًّا وغذائيًّا

تتباين أصناف البصل فى محتوى أبصالها من الجلوكوسيد كوِّرستين quercetin glucoside (ذات الأهمية الطبية)، وهو الذى يزداد محتواه فى الأصناف طويلة النهار — التى تنتشر زراعتها فى شمال أوروبا — عما فى الأصناف قصيرة النهار، وينعدم تقريبًا فى جميع الأصناف ذات الأبصال البيضاء، ويزيد فى الأصناف الحمراء عما فى الأصناف الصفراء. ويرتبط محتوى الكورستين إيجابيًّا مع نسبة المادة الجافة بالبصلة، وبالقدرة على التخزين، كما يزداد تركيز الكورستين 3,4'-D-O-β-diglucoside أثناء التخزين (Okamoto وآخرون ٢٠٠٦).

ووُجدت اختلافات بين خمسة أصناف من البصل فى محتوى أبصالها من عناصر الفوسفور والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيم والحديد والنحاس والزنك والمنجنيز والسيلينم (Galdón وآخرون ٢٠٠٨).

وراثة لون الحراشيف فى البصل

دَرس العديدون وراثة لون البصلة (حراشيف البصلة) فى البصل، وذُكر فى هذا الشأن خمسة جينات، هى: I، و C، و R، و G، و L .

يمنع الجين I إنتاج الصبغات اللونية ويجعل البصلة بيضاء اللون فى كلٍ من التركيبين الوراثيين II، و Ii.

ولظهور أى من الألوان: الأحمر، أو الأصفر، أو الأخضر المصفر chartreuse يتعين أن يكون التركيب الوراثى للنبات ii.

يتحكم الجين C فى إنتاج أبصال ملونة؛ بمعنى أن الأبصال ذات التركيب الوراثى iicc تكون بيضاء اللون، أيًّا كان التركيب الوراثى فى الموقع R.

وعندما يحمل النبات الآليل السائد C بصورة أصيلة CC أو خليطة Cc، ويكون أصيلاً متنحيًّا rr فى الموقعR .. فإن لون البصلة يكون أصفر إلى بنى.

وتكون الأبصال حمراء اللون عندما تحمل الآليل السائد R مع الآليل السائد C؛ أى عندما يكون التركيب الوراثى -iiC-R.

ويتحكم الآليل السائد G فى ظهور اللون الذهبى إلى الوردى. هذا بينما يكون اللون أخضر مصفر عندما يكون النبات متنحٍ أصيل gg فى الموقع G.

أما الجين السائد L فإنه يتحكم فى الصبغة الحمراء عندما يكون التركيب الوراثى .iiC-rrG-L-

وتُعرف كذلك جينات عديدة لزيادة دكنة لون البصلة (عن Havey ١٩٩٣).

إن الآليل السائد I يؤدى إلى منع تكوين الصبغة ؛ فتصبح الحراشيف بيضاء. هذا إلاّ إن I سيادته غير تامة؛ حيث يكون اللون أصفر برتقالى buff فى حالة التركيب الوراثى -IiCCR. وتوجد صعوبة فى التمييز بين التركيبين الوراثيين IiCCRR، و IiCCrr، وكذلك التمييز بين التركيب الوراثى IiCCrr والأبيض الأصيل II. ويجب أن يكون الموقع I أصيل متنحٍ ii لإنتاج حراشيف ملونة.

ويتحكم الآليل R فى كثافة تواجد الصبغة الحمراء فى خلايا البشرة بالحراشيف. والأنثوسيانينات المسئولة عن الصبغة هى — أساسًا — جلوكوسيدات السيانيدين glucosides of cyanidin، مع كميات ضئيلة جدًّا من البيلارجونيدين pelargonidin، والبيونيدين peonidin.

هذا.. إلاّ إنه توجد جينات أخرى مكملة تؤثر فى لون البصلة؛ الأمر الذى يتبين

من ظهور انعزالات أخرى متباينة فى لون البصلة كاللون الوردى، والقرمزى الداكن بدرجاته والأصفر الداكن بدرجاته، ومدى نصاعة اللون الأبيض (Pike ١٩٨٦).

وقد ذكر El-Shafie & Davis (١٩٦٧) إنه بالإضافة إلى الجينات الخمسة (I، و C، و R، و L، و G) التى يُحدد التفاعل بينها لون حراشيف البصلة، فإن دكنة تدرجات اللونين الأصفر الذهبى والأحمر يتحكم فيها جينات قليلة التأثير microgenes تورث بصورة كمية.

وكما أسلفنا بيانه.. فإنه يتحكم فى اللون الأحمر الفاتح أو الوردى الآليل السائد R (فى التراكيب الوراثية -iiC-R)، وتحمل الأبصال ذات الحراشيف الصفراء أو البنية اللون الآليل المتنحى r بحالة أصيلة (كما فى التراكيب الوراثية iiC-rr). وللحصول على أبصال حمراء داكنة اللون يجب أن يكون الموقع R أصيلاً سائدًا، وأن يكون الجين الرابع L أصيل سائد كذلك. وتؤدى عدم الإصالة الوراثية فى أى من الموقعين إلى إنتاج حراشيف بلون أحمر فاتح أو وردى. كذلك ذُكر أن اللون الأحمر الفاتح يمكن أن ينتج من التفاعل بين الموقعين R، و L، وجين آخر Crb-I (أو Complementary red bulb).

أما الآليل السائد G فى الموقع الخامس فإنه يتحكم فى اللون الذهبى فى التراكيب الوراثية -ii C- rrllG، وعندما يكون متنحيًّا أصيلاً (كما فى التركيبين الوراثيين -iiC rrllgg)، فإن لون الحراشيف يكون أخضر مصفر chartreuse (Cramer & Havey ١٩٩٩).

ويظهر لون الأبصال الوردى فى البصل بفعل السيادة غير التامة لجين اللون الأحمر على جين اللون الأصفر (Kim وآخرون ٢٠٠٧).

ولقد تبين أنه يلزم وجود الجين المسئول عن التشفير للإنزيم anthocyanin synthase (اختصارًا: ANS) لأجل تمثيل الأنثوسيانين — المسئول عن اللون الأحمر — فى البصل، ويعرف من هذا الجين أربعة آليلات. وقد اكتُشف أحد هذه الآليلات — وهو ANS-h1 – فى سلالة أحادية مضاعفة داكنة الإحمرار، ووُجد أنه سائد على آليل

اللون الوردى، مع احتمال وجود عوامل وراثية أخرى تؤثر فى تعبيره للصفة (Kim وآخرون ٢٠٠٦).

كما أمكن اكتشاف جين جديد أُعطى الرمز DFR-A يُحدد الفرق فى لون البصلة بين الأحمر والأصفر. ومن المعتقد أن وجود الجين DFR-A بصورة نشطة مع آليلات ANS (أنثوسيانين) غير نشطة، كما فى الصنف Santero، أو وجود الجين DFR-A بصورة غير نشطة مع آليلات ANS بصورة نشطة، كما فى الصنف OT803 يُكسب البصلة لونًا أصفر، لكن الجمع بينهما فى صورة نشطة يُكسبها لونًا أحمر (Kim وآخرون ٢٠١٧).

هذا.. ويرجع اللون فى البصلة إلى وجود حوالى ٥٤ نوعًا من الفلافونويدات flavonoids. ولقد تميزت أبصال ذات لون ذهبى غير عادى بانخفاض محتواها من الكورستين quercetin، الذى يُعد أكثر الفلافونويدات تواجدًا فى البصل (عن Singh وآخرين ٢٠١٨).

ويمكن الرجوع إلى Khandagale & Gawande (٢٠١٩) بخصوص وراثة تمثيل الفلافونويدات flavonoids المسئولة عن مختلف الألوان فى أبصال البصل.

الفصل السادس

تربية البصل لتحمل الظروف القاسية

تحمل الحرارة العالية

يؤدى تعرض البصل لحرارة عالية إلى ضعف المحصول كمًا ونوعًا؛ فتزداد نسبة الأبصال المنشقة splits، وتميل الأبصال فى حرارة التربة العالية إلى الاستطالة، كما تؤثر الحرارة العالية سلبًا على نمو البادرات.

وبتقييم أكثر من ٢٠٠ سلالة من البصل فى ظروف الحرارة العالية فى معهد بحوث وتطوير الخضر الآسيوى AVRDC.. أمكن تحديد ٣٠ سلالة كانت الأكثر تحملاً للحرارة العالية، كانت أفضلها السلالات: AC 429، و AC 325-1، و AC 47 (Pathak وآخرون ١٩٩٦).

تحمل الملوحة

أوضحت اختبارات Wannamaker & Pike (١٩٨٧) — التى أجريت على تحمل الملوحة فى خمسة أصناف من البصل — عدم وجود علاقة بين القدرة على الإنبات، والقدرة على النمو فى مستويات مختلفة من الملوحة. وكانت جميع الأصناف المختبرة حساسة للملوحة، فيما عدا الصنف Texas Grano 1015Y، الذى أنبتت بعض بذوره فى مستوى مرتفع من الملوحة، بلغ ٤٥٠ ملليموزًا.

تحمل مبيدات الحشائش

وجد Hiller & Weigle (١٩٧٠) اختلافات بين سلالات البصل فى قدرتها على تحمل مبيد الحشائش isopropyl N (3-chlorophenyl) carbamate (اختصارًا: CIPC)، وكانت أكثر السلالات المقاومة هى المتحصل عليها من صنف البصل Iowa Yellow Globe.

تحمل ملوثات الهواء

وجد أن صفة تحمل الأوزون فى البصل يتحكم فيها جين واحد سائد، يجعل الخلايا الحارسة حساسة للغاز؛ مما يؤدى إلى إغلاق الثغور — تلقائيًا — لدى تعرضها له، فلا تُضار النباتات من جراء ذلك (عن Heggestad & Heck ١٩٧١). وقد وجدت تلك الصفة فى عديد من سلالات البصل المرباة داخليًّا (عن Cramer & Havey ١٩٩٩).

كما وجد أن مقاومة غاز ثانى أكسيد الكبريت يتحكم فيها جين واحد سائد كذلك (عن Bressan وآخرين ١٩٨١).

الفصل السابع

تربية البصل لمقاومة الأمراض والآفات

تتوفر صفة المقاومة للأمراض فى عدد من الأنواع البرية من الجنس *Allium*، ومن أمثلة ذلك، ما يلى:

١- يتوفر فى النوعين *A. fistulosum*، و *A. roylei* مقاومة متعددة للأمراض، تشمل: لفحة أوراق بوتريتس، والبياض الزغبى، والأنثراكنوز، وعفن فيوزاريم القاعدى، والجذر الوردى، والتفحم، وذبابة البصل *Delia antiqua*.

٢- أظهر النوعان *A. bouddhae*، و *A. schoenoprasum* مناعة ضد عصفة البصل onion blast.

وقد استُخدمت واسمات جزيئية فى نقل الجينين Pd1، و Pd2 من *A. roylei* للبصل.

هذا.. وقد عُرفت حالات من تحَمل العفن الأبيض، والجذر الوردى، ولفحة استمفِلَّم، والعفن الأسود، واللطعة الأرجوانية، و TYSV، لكن لم يمكن التعرف على مصادر للمقاومة التامة لأى من تلك الأمراض فى البصل أو فى الثوميات الأخرى (عن Havey ١٩٩٣، و Singh وآخرين ٢٠١٨).

وتتوفر المقاومة أو التحمل لعدد من الأمراض ولحشرة التربِس فى أصناف البصل التجارية والسلالات، كما يلى:

المرض أو الحشرة	المصادر
عفن فيوزاريم القاعدى Fusarium basal rot	Arka Lalima, Arka Kirthiman and Arka Pitamber from IIHR
العفن الأبيض White rot	IIHR Yellow; Hybrid-3-MR
اللطعة الأرجوانية Prurple blotch (*Alternaria porri*)	Fiesta-R, Punjab-48 (S-48), Punjab Red Round, Punjab Selection and Punjab Naroya (PBR-5) from PAU; Arka Lalima, Arka kirthiman and Arka Pitamber from IIHR

المرض أو الحشرة	المصادر
لفحة أوراق زانثوموناس Xanthomonas leaf blight	Cometa, Blanco Duro and Redwing (wbite and red varieties)-T
التربس Thrips	Punjab-48 (S-48), and Punjab Selection from PAU; Arka Lalima, Arka Kirthiman and Arka Pitamber from IIHR
الجذر الوردى Pink root disease	Texas Early Grano, Yellow Sweet Spanish (commercially exotic resistant cultivars)
لفحة أوراق استمغِلّم Stemphylium leaf blight	PI 208733; PI 280565; PI 461393; Asagikei-Kujyo; PI 461398; Kujyo-futo; PI 461402; Shiobra-bansei

مقاومة العفن الأبيض

مصادر للمقاومة

يسبب الفطر *Sclerotium cepivorum* مرض العفن الأبيض White Rot فى البصل. وقد قام Elgammal (١٩٧١) باختبار مقاومة ١٧ صنفًا من البصل، و١٣ نوعًا آخر من الجنس *Allium*، ووجد أنها كانت – قابلة للإصابة، فيما عدا النوع *A. tuberosum*، الذى كان منيعًا للفطر. وقد حاول الباحث تهجين هذا النوع مع خمسة أنواع؛ هى: الكرات أبوشوشة *A. porrum*، والكرات المصرى *A. kurrat* (كلاهما يتبع – حاليًّا – النوع *A. ampeloprasum*)، والبصل اليابانى الأخضر *A. fistulosum*، والبصل *A. cepa*، و *A. galanthum*. ولكنه لم يتمكن من الحصول على بذور من أى منها، فيما عدا التهجين مع البصل، الذى نتجت منه بذور قليلة، ولكنها لم تنبت عند زراعتها.

وفى دراسة أخرى.. وجد Van Der Meer وآخرون (١٩٨٣) اختلافات كبيرة بين أصناف البصل والكرات من حيث مقاومتها للعفن الأبيض، وكانت أعلى درجات المقاومة فى صنفى البصل Beth Alpha، و Pukekohe Longkeeper، وصنفى الكرات Carentan، و Elephant.

كما أُجرى تقييم شمل ٦٩ صنفًا وسلالة تمثل ٣٠ نوعًا من الجنس *Allium* لمقاومة الفطر *Sclerotium cepivorum* — مسبب مرض العفن الأبيض، وأظهرت نتائج الدراسة، ما يلى:

١– لم تحدث أى إصابة لنباتات النوع *A. tel-avivense*؛ ربما بسبب عدم قدرة هذا النوع على تحفيز إنبات الأجسام الحجرية للفطر.

٢– كانت سلالات الأنواع: *A. cernum*، و *A. ledebourianum*، و *A. lineare*، و *A. galanthum* أقل قابلية للإصابة — جوهريًّا — عن *A. cepa*.

٣– كانت أصناف *A. cepa* المختبرة شديدة القابلية للإصابة (Bansal & Broadhurst ١٩٩٢).

طرق للتقييم للمقاومة

وُجد أن تكوين البقع المرضية للفطر *Sclerotium cepivorum* — مُسبب مرض العفن الأبيض — على البادرات يمكن أن يُشكل أساسًا للتقييم لمقاومة المرض؛ حيث بلغت شدة الإصابة بهذه الطريقة ١٣٪ فى الكرات المقاوم مقابل ٥٤٪–٥٦٪ فى البصل القابل للإصابة (Hunger وآخرون ٢٠٠٢).

وتبين أنه قد يكون من الممكن التقييم لمقاومة البصل للفطر *Sclerotium cepivorum* — مسبب مرض العفن الأبيض — بمقارنة محتوى الجذور أو الأبصال من المركب 1-propenyl-L-cystein sulfoxide؛ حيث وجدت علاقة طردية بين شدة الإصابة بالمرض ومستوى هذا المركب بالأبصال (Hovius وآخرون ٢٠٠٥).

ولقد أدت المعاملة بالمركبات المتطايرة المتحصل عليها من أصناف البصل الأكثر قابلية للإصابة بالعفن الأبيض إلى زيادة سرعة النمو المحيطى للفطر *Sclerotium cepivorum* فى بيئة الآجاء والماء، وزيادة ارتفاع النمو الميسيليومى فى بيئة البطاطس والدكستروز والآجار PDA عما فى حالة المعاملة بالمركبات المتطايرة المتحصل عليها من السلالات المقاومة، وكان أفضل دليل هو ارتفاع النمو الميسيليومى (Hovius & Goldman ٢٠٠٤).

مقاومة الجذر الوردى

يسبب الفطر *Pyrenochaeta terrestris* مرض الجذر الوردى فى البصل. ونادرًا ما تكون الإصابة شديدة — أو حتى ملحوظة — على النباتات الصغيرة، إلا أنه يمكن دفع الفطر لإحداث إصابة شديدة فى البادرات بتجريح جذورها.

ويُجرى الاختبار فى تلك المرحلة من النمو بزراعة بذور البصل فى الرمل المعقم الملوث بالفطر. وباستعمال تركيز مرتفع من الفطر، وإجراء الاختبار فى درجة الحرارة المناسبة.. تصاب جميع النباتات — فى خلال ثلاثين يومًا — حتى وإن كانت مقاومة تحت ظروف الحقل. وبخفض تركيز معلق الفطر.. تنجو النباتات المقاومة تحت ظروف الحقل من الإصابة فى هذا الاختبار.

وتجدر الإشارة إلى أن البادرات الضعيفة — الناتجة من زراعة بذور ضعيفة — تصاب بالمرض، حتى وإن كانت من صنف مقاوم، وهى حقيقة تجب ملاحظتها عند إجراء اختبارات مقاومة هذا المرض (Walker ١٩٦٥).

وقد توصل Netzer وآخرون (١٩٨٥) — لإجراء اختبار تقييم هذا المرض — إلى الطريقة التالية: تزرع الشتلات (وهى فى عمر ٦–٨ أسابيع) أو البصيلات فى بيئة من الفيرميكيوليت المضاف إليه تركيز معين من جراثيم الفطر، وتترك لمدة أسبوعين فى إضاءة ١٠ ساعات — يوميًّا — وحرارة ١٧° ± ١°م، ولمدة أسبوعين آخرين فى إضاءة ١٢ ساعة — يوميًّا — وحرارة ٢٦°م ± ١°م. وقد أمكن — بهذا الاختبار — التمييز بين نباتات البصل القابلة للإصابة، وسلالة مقاومة من *A. fistuloum*.

وفى اختبار موسع لمقاومة المرض.. قيم Weinman وآخرون (١٩٨٨) جيرمبلازم البصل والأنواع القريبة المتوفرة لدى وزارة الزراعة الأمريكية (كل الـ PIs) لمقاومة كل من مرضى الجذر الوردى وعفن القاعدة الفيوزارى (*Fusarium oxysporum* f. *cepae*) وقد ميز الباحثون خمس سلالات من البصل كان بها بعض المقاومة لمرض الجذر الوردى،

وثلاث سلالات مقاومة لمرض عفن القاعدة الفيوزارى، بينما انعزلت ١٥ سلالة لمقاومة المرض الأخير، وكانت السلالات المقاومة لكلا المرضين هى تلك المختبرة من الأنواع التالية: *A. pekemense*، و *A. galanthum*، و *A. altaicum*، و *A. fistulosum*.

كما أُجرى تقييم لمقاومة الفطر *P. terrestris* – مسبب مرض الجذر الوردى – شمل أصنافًا وسلالات تربية من برنامج تربية وزارة الزراعة الأمريكية، وتبين منه أن أقلها إصابة كانت الأصناف: Sweet Sandwich، و Keepsweet II، و Spartan Banner 80، والسلالة المرباة داخليًّا MSU 6785B (Coleman وآخرون ١٩٩٧).

وتتميز أصناف البصل المقاومة للفطر *P. terrestris* (سابقًا: *Pyrenochaeta terrestris*) – مُسبب مرض الجذر الوردى – بقدرتها الكبيرة على تكوين جذور جديدة بمعدلات عالية لتحل محل الجذور المصابة (Thornton & Mohan ١٩٩٦).

هذا.. وقد وُجد أن المقاومة للجذور الوردى (*P. terrestris*) يتحكم فيها جين واحدٍ متنحٍ، ولقد تم إدخاله فى عديد من الأصناف التجارية (عن Havey ١٩٩٣).

مقاومة عفن القاعدة الفيوزارى

وجدت أقل درجة من الإصابة بعفن القاعدة الفيوزارى – الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* – فى البصل فى الأصناف: NMSU 99-30، و NUMex Arthur، و NUMex Jose Fernandez؛ حيث كان الفقد فيها جراء الإصابة بالمرض أثناء التخزين أقل مما فى ١٩ صنفًا وسلالة أخرى قيمت معًا (Gutierrez وآخرون ٢٠٠٦).

وتبعًا لـ Cramer (٢٠٠٠)، فإن مقاومة البصل لمرض عفن القاعدة الفيوزارى الذى يسببه الفطر *F. oxysporum* f. sp. *cepae* يتحكم فيها جين واحد، أو جينين، أو ثلاثة جينات.

وقد نُقلت المقاومة إلى عديد من الأصناف التجارية (عن Havey ١٩٩٣).

مقاومة الرايزكتونيا

أُجرى تقييم شمل ٣٥ صنفًا وسلالة من البصل لمقاومة التقزم الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani* من anastomosis group 8، وتبين مقاومة أربع سلالات جزئيًّا للفطر، هى: PX 07713218، و R 14885، و R 14888، و SN 307 (Sharma-Poudyal وآخرون ٢٠١٥).

مقاومة البياض الزغبى

أوضحت دراسة أُجريت على الإنعزالات فى التلقيح الرجعى وعشيرة الجيل الثانى للتهجين بين *A. roylei* والبصل أن مقاومة النوع البرى للفطر *Peronospora destructor* — مسبب مرض البياض الزغبى — يتحكم فيها زوجان من الجينات السائدة ضعيفا الارتباط ببعضيهما البعض، هما: Pd_1، Pd_2؛ حيث كان معدل الانعزال بينهما ٠,٣٢ ± ٠,٠٣ كذلك أوضحت الدراسة أن *A. roylei* يُعد نوعًا أقرب للبصل عن *A. fistulosum* (de Vries وآخرون ١٩٩٢ب).

وقد نُقلت صفة المقاومة للفطر *Peronospora destructor*– مُسبب مرض البياض الزغبى — من النوع *A. roylei*، وتبين أن جين المقاومة يقع فى نهاية الكروموسوم ٣. وقد طُوِّرت واسمة PCR بسيطة أُعطيت الرمز DMR1 ترتبط جيدًا بجزء *A. roylei* الكروموسومى الذى يحمل جين المقاومة للبياض الزغبى (Kim وآخرون ٢٠١٦).

مقاومة اللطعة الأرجوانية

يتحكم جين واحد — على الأقل — فى مقاومة البصل للفطر *Alternaria porri* مسبب مرض اللطعة الأرجوانية (Abubakar & Ado ٢٠٠٨).

مقاومة الأنثراكنوز

وُجد أعلى مستوى من المقاومة للفطر *Colletotrichum gloeosporioides*–

مُسبب مرض الأنثراكنوز فى البصل — فى سلالات النوعين *A. galanthum*، و *A. fistulosum*، وكانت سلالات النوع *A. roylei* مقاومة لبعض العزلات الفطرية (العزلات البرازيلية) دون غيرها (العزلات النيجيرية والإندونيسية)، أما سلالات *A. cepa* المختبرة فكانت جميعها قابلة للإصابة (Galván وآخرون ١٩٩٧).

وقد أُجرى تقييم شمل ستة عشرة صنفًا تجاريًّا من البصل لمقاومة الأنثراكنوز (الذى يُسببه الفطر *Colletotrichum coccodes*)، وكان أقل الأصناف إصابة هو Hendrix، كما وُجدت تباينات جوهرية بين الأصناف فى شدة إصابتها. ويمكن الحد من أضرار الإصابة بالمرض بزراعة الأصناف الأقل إصابة مع الرش بالمبيدات الفطرية الفعالة (Rodriguez-Samanca & Hausbeck ٢٠١٨).

مقاومة لفحة أوراق استمفيللم

وجد فى مركز بحوث وتطوير الخضر الآسيوى AVRDC أن المقاومة لمرض لفحة أوراق استمفيللم — التى يُسببها الفطر *Stemphylium vesicarum* — تتوفر فى عدد من أنواع الجنس *Allium*، وهى المبينة فى جدول (٧–١).

جدول (٧–١): مصادر للمقاومة للفحة أوراق استمفيللم فى عدد من أنواع الجنس *Allium*.

***Allium* sp.**	السلالات	مستوى المقاومة
A. fistulosum	TA 105, TA 108, TA 198, TA 204, TA 198	مقاوم
A. porrum	TA 7, TA37, TA 46, TA 87, AP 120, AP 123, AP 128	مقاوم
A. ramosum	AR 118, AR 130	عالى المقاومة
A. schoenoprasum	ASC 115	مقاوم
A. tuberosum	AT 116	عالى المقاومة

وتبين لدى اختبار خمس سلالات من البصل اليابانى الأخضر *Allium fistulosum*، و ١٠٦ من البصل *A. cepa* لمقاومة لفحة أوراق استمفيلم التى يُسببها الفطر *S. vesicarum*

أن جميع سلالات البصل اليابانى كانت إما مقاومة، وإما متوسطة المقاومة، بينما كانت جميع سلالات البصل قابلة للإصابة. وبينما كانت جميع نباتات الجيل الأول بين النوعين إما مقاومة وإما معتدلة المقاومة، فإن الانعزال فى الجيل الثانى لم يكن مندلى؛ بسبب كثرة العقم فى نباتات الجيل الأول الهجين؛ وعلى الرغم من ذلك.. فإن الدلائل أشارت إلى احتمال سيادة صفة المقاومة (Pathak وآخرون ٢٠٠١).

وقد أُجرى تقييم شمل ٢١ صنفًا من البصل لمقاومة لفحة استِمفِلّم التى يُسببها الفطر *S. vesicarium*، وذلك تحت ظروف الإصابة الطبيعية فى الحقل وظروف العدوى الصناعية فى الصوبة، وقيمت شدة الإصابة بعدما ظهرت الإصابة فى الحقل وبعد ١٠ أيام من العدوى الصناعية فى الصوبة. أظهرت الدراسة عدم وجود مستوى عالٍ من المقاومة فى أى من الأصناف، ولكن ظهرت مقاومة معتدلة (أو متوسطة) فى الصنف Bhima Shweta. وبينما كان الصنف Poona Red Desi الأكثر قابلية للإصابة، فإن باقى الأصناف كانت متوسطة (أو معتدلة) القابلية للإصابة (Mishra & Singh ٢٠١٩).

مقاومة لفحة أوراق بوتريتس

يتميز النوع *A. roylei* بمقاومته للفطر *Botrytis squamosa*، مسبب مرض لفحة أوراق بوتريتس. وقد تبين من تحليل انعزالات التلقيح الرجعى الأول والجيل الثانى للتلقيح بين هذا النوع والبصل أن المقاومة يتحكم فيها جين واحد سائد أُعطى الرمز Bs1، ولم يكن هذا الجين مرتبطًا بالجينين Pd_1، و Pd_2 اللذان يتحكمان فى المقاومة للفطر *Peronospora destructor*، مُسبب مرض البياض الزغبى (De Vries وآخرون ١٩٩٢أ).

وقد وُجدت المقاومة للفطر *B. squamosa* — مسبب مرض لفحة أوراق بوتريتس — فى سلالة البصل البولندية PI 273212، وتمثلت المقاومة فى صغر حجم البقع الورقية المتكونة وعدم ظهور لفحة بالأوراق. كذلك أظهر النوع *A. roylei* مقاومة للفطر. كما أظهرت

أصناف البصل Kasmer Red، و Wolska، و Rawska، و Spartan Banner درجة من المقاومة للفطر أمكن معها مكافحة المرض بصورة جيدة باستعمال نصف المعدل الموصى به للمبيد chlorothalonil المستخدم فى مكافحة المرض (Lorbeer وآخرون ٢٠٠١).

وأمكن نقل الجين Bs1 المسئول عن المقاومة للفطر *B. squamosa* من النوع *A. roylei* إلى البصل. يُستخدم هذا الجين فى هُجن البصل فى صورة خليطة (Bs1bs1). وقد أُجرى تقييم لحالتى المقاومة الأصيلة Bs1Bs1 والخليطة Bs1bs1، وتبين لدى عدوى النباتات الأصيلة تحت ظروف حجرات النمو بخمس عزلات من الفطر، وكذلك عند العدوى الطبيعية تحت ظروف الحقل.. تبين أن النباتات الأصيلة كانت أقل جوهريًّا فى شدة أعراض اللفحة عن الأصناف القابلة للإصابة bs1bs1. كما أظهرت الهجن الخليطة فى جين المقاومة مستوى من أعراض اللفحة وسطًا ببين النباتات المقاومة الأصيلة والنباتات القابلة للإصابة؛ بما يؤكد على أن المقاومة سائدة جزئيًّا. وكان الفرق فى شدة ظهور أعراض الإصابة بين النباتات المقاومة الأصيلة والنباتات المقاومة الخليطة أكبر تحت ظروف زيادة شدة الإصابة، لكن المرض أمكن مكافحته فى النباتات المقاومة الخليطة تحت ظروف الحقل مثلما أمكن فى النباتات المقاومة الأصيلة. ولم يُلاحظ وجود أى علاقة بين جين المقاومة Bs1 وأى من الصفات غير المرغوب فيها مثل صغر حجم البصلة أو نقص المحصول (Hyde وآخرون ٢٠١٤).

مقاومة عفن الرقبة

وُجد أن المقاومة للفطر *Botrytis allii* – مُسبب مرض عفن الرقبة فى البصل – صفة كمية إضافية بصورة أساسية، مع قدر يسير من السيادة للقابلية للإصابة. كذلك أوضحت تقديرات تأثيرات الجينات أن الإضافة هى الغالبة، مع بعض السيادة، ولكن مع غياب التفوق. وقد تراوحت تقديرات درجة التوريث على النطاق العريض من ٤٢٪ إلى ٦٣٪ (Lin وآخرون ١٩٩٥).

مقاومة الاسوداد أو التهبب

يسبب الفطر *Colletotrichum circinans* مرض الاسوداد أو التهبب smudge فى البصل. ترتبط مقاومة الفطر بلون الحراشيف الخارجية للأبصال؛ حيث تكون المقاومة عالية فى الأبصال الحمراء والصفراء، ومتوسطة فى الأبصال الوردية والكريمية اللون، بينما تكون الأبصال البيضاء قابلة للإصابة. ويتحكم فى وراثة كلا الصفتين ثلاثة أزواج من الجينات كما يلى: (عن Walker ١٩٦٩):

التركيب الوراثى	لون الأبصال	المقاومة
R- C - ii	حمراء	عالية
rr C - ii	صفراء	عالية
R- C - Ii	وردية	متوسطة
rr C- Ii	كريمية	متوسطة
R - C - II	بيضاء	لا توجد
rr C - II	بيضاء	لا توجد
R – cc I-	بيضاء	لا توجد
R – cc ii	بيضاء	لا توجد
rr cc I-	بيضاء	لا توجد
rr cc ii	بيضاء	لا توجد

وقد أوضح Clarke فى عام ١٩٤٤ (عن Jones & Mann ١٩٦٣) ضرورة وجود العامل الوراثى السائد (C) لظهور أى تلوين بالأبصال؛ فكل الأبصال ذات التركيب الوراثى cc تكون بيضاء اللون. وتكون الأبصال حمراء اللون عند وجود الجينين R، و C معًا، وتصبح الأبصال صفراء اللون، عندما يوجد الآليل المتنحى r بحالة أصيلة مع الجين السائد C.

كذلك يوجد جين ثالث (I) ذو سيادة غير تامة، ويؤثر فى لون الأبصال كما يلى:

١– تكون الأبصال بيضاء اللون عند وجوده بحالة سائدة أصيلة، أيًّا كانت الجينات الأخرى الموجودة معه.

٢- وعند وجوده بحالة متنحية أصيلة.. يتحدد اللون بالجينين C، و R كما سبق بيانه.

٣- أما عند وجوده بحالة خليطة.. فإن اللون يكونورديًّا فى وجود الجينين C، و R بحالة سائدة، وكريميًا عند وجود الجين C بحالة سائدة، والجين R بحالة متنحية أصيلة (rr).

وقد تبين — من الدراسات التى أجريت على طبيعة مقاومة المرض — أن الحراشيف الخارجية للبصل الملون تحتوى على مادتين فينوليتين قابلتين للذوبان فى الماء؛ هما: الكاتيكول Catechol، وحامض البروتوكاتيكوك Protocatechuic acid، وهما سامتان للفطر المسبب لمرض الاسوداد. تذوب المادتان فى ماء التربة حول البصلة؛ وبذا .. تمنعان الفطر من إصابة الأبصال.

وقد وجد أن الأوراق المتشحمة الداخلية لا تكون مقاومة للفطر إذا ما أُزيلت الحراشيف الخارجية للبصلة؛ ويرجع ذلك — غالبًا — إلى أن المواد السامة للفطر لا تنتشر — بسهولة — من الأوراق المتشحمة الحية الداخلية كما يحدث فى الحراشيف الميتة الخارجية.

مقاومة عفن أسبرجللس الأسود

أمكن التوصل إلى طريقة فعالة للتقييم لمقاومة الفطر *Aspegillus niger* – مسبب مرض العفن الأسود black mould فى البصل — كما يلى: عدوى حراشيف البصل الشحمية بالتجريح مع استعمال ٤٠ ميكروليتر من معلق لجراثيم الفطر يحتوى على ١×١٠° جرثومة/مل، ثم التحضين على ٢٥°م، مع ١٢ ساعة إضاءة لمدة أربعة أيام، ثم قياس قطر البقع المرضية وتجرثم الفطر. وباختبار ٤٢ صنفًا من البصل بهذه الطريقة وُجدت صفة التحمل فى الأصناف الأكثر قدرة على التخزين، مثل: Red Pinoy، و Serrana، و Dehydrator No.3، و Moonlight، وهى التى كانت البقع المرضية

فيها صغيرة ولم يحدث فيها تجرثم للفطر، وذلك بعكس الأصناف الأقل قدرة على التخزين، مثل: Texas Early Grano 502، و Granex 429، و Explorer التى كانت البقع المرضية فيها أكبر وتجرثمت بغزارة. ولقد ارتبط قطر البقعة المرضية جوهريًّا مع كل من الفقد فى الوزن فى الأبصال المخزنة (r = ٠,٥١)، ونسبة المادة الجافة فى الأبصال (r = ٠,٤٨) ومحتوى الأبصال من المواد الصلبة الذائبة الكلية (r = ٠,٥١) (Ko وآخرون ٢٠٠٢).

مقاومة لفحة الأوراق البكتيرية

من بين ١٩ صنفًا تجاريًّا من البصل قيمت لمقاومة البكتيريا *Xanthomonas campestris* — مسببة مرض لفحة الأوراق — وجدت المقاومة فى الصنفين H-942، و H-508 اللذان خلت أوراقهما من أعراض الإصابة المرضية (O'Garro & Paulraj ١٩٩٧).

مقاومة فيرس بقع السوسن الصفراء

ينقل التربس فيرس بقع السوسن الصفراء iris yellow virus فى البصل، ولا تُعرف أى مصادر للمقاومة، ولكن أفرز الانتخاب للمقاومة فى بعض عشائر تربية البصل تحسنًا فى صفة المقاومة تمثل فى نقص أعداد التربس، ونقص فى شدة الإصابة بالفيرس (Kamal & Cramer ٢٠١٨، و Singh & Cramer ٢٠١٩).

مقاومة ذبابة البصل

أُجرى تقييم شمل ٣٥ سلالة وصنفين تجاريين من البصل لمقاومة ذبابة البصل onion maggot (وهى: *Delia antiqua*) فى كل من مرحلتى البادرة وطور الأبصال المكتملة التكوين. كانت أكثر السلالات مقاومة فى طور البادرة تلك التى كانت من سلسلة PS WR. وهى التى أنتجتها شركة بيتو للبذور فى جامعة وسكنسن فى برنامج تربية كان يركز على المقاومة للعفن الأبيض. ومع ظهور الاختلافات فى المقاومة واضحة

فى طور البادرة، فإن تلك الاختلافات تلاشت فى طور الأبصال المكتملة التكوين. هذا.. وكانت إصابات البادرات أشد فى تلك التى نمت من شتلات عما فى تلك التى نتجت من زراعة البذور مباشرة (Mc Donald وآخرون ٢٠٠٢).

مقاومة التربس

تؤدى الإصابة بالتربس *Thrips tabaci* إلى الإضرار بالقدرة على البناء الضوئى، كما تُشكل مدخلاً للإصابة بالمسببات المرضية، فضلاً عن أن التربس يُعد ناقلاً لفيرس بقع السوسن الصفراء IYSV. ولقد عُرفت عدة مصادر لتحمل التربس، ووجد أن النموات الخضرية البراقة glossy ونصف البراقة semi-glossy غير مفضلة لتغذية التربس. ويُستدل من الدراسات الوراثية أن صفة التحمل ذات درجة توريث منخفضة، الأمر الذى يتطلب إجراء الانتخاب على أساس العائلات عند التربية (عن Singh وآخرين ٢٠١٨)

وقد وجدت أول مقاومة للتربس فى صنف البصل White Persian (وهو PI 86279). وأُرجعت المقاومة إلى طبيعة نمو الصنف التى تؤدى إلى ضعف تكاثر الحشرة، وربما ترجع — أيضًا — إلى صفات أخرى تشريحية وفسيولوجية تجعل النبات أكثر تحملاً للإصابة.

ففى أصناف البصل العادية غير المقاومة.. يكون مقطع الأوراق مسطحًا من جانب ودائريًّا من الجانب الآخر؛ الأمر الذى يسمح باقتراب الأوراق من بعضها؛ وبذا.. تتوفر الحماية للتربس من الأعداء الطبيعية، والتقلبات الجوية. أما فى هذا الصنف.. فإن مقطع الأوراق يكون دائريًّا؛ فلا تكون ملتصقة ببعضها، كذلك تكون أنصال الأوراق بعيدة عن بعضها؛ وبذا.. لا تتوفر الحماية الكافية للتربس بين الأوراق. وتتميز النباتات المقاومة — كذلك — بأن طبقة البشرة فيها سميكة؛ الأمر الذى لا يسمح بتعمق أجزاء فم الحشرة فى أنسجة الورقة (Jones ١٩٣٧).

وأوضحت دراسة أُجريت على عدد من أصناف وسلالات البصل شيوع القابلية للإصابة بالتربس فيها، وإن أمكن التعرف على مستوى معتدل من المقاومة فى الصنف

Desi Large، حيث بلغت شدة إصابته ٩٤,٢ حشرة/نبات، مقارنة بعدد ١٨١,٧ حشرة/نبات فى الصنف VRIO-3 (Karar وآخرون ٢٠١٣).

وعندما أُجرى تقييم شمل ٧٥ صنفًا وسلالة من البصل لمقاومة التربس، وُجدت المقاومة فى نباتات السلالة PI 289689 التى كانت أقل جذبًا للحشرة واحتوت على عدد أقل من أفراد التربس/نبات عما حدث فى معظم السلالات الأخرى. كانت نباتات هذه السلالة ذات نمو خضرى أخضر فاتح إلى أخضر، وبها كمية قليلة من الشمع السطحى (Cramer وآخرون ٢٠١٤).

وتبين أن صنف البصل IPA-3 يأوى أعدادًا من التربس تقل جوهريًّا عما يأويه الصنف TG10157Y. ولقد وجد أن درجة توريث صفة مقاومة التربس فى هذا الصنف شديدة الانخفاض؛ فحسب طريقة التقدير بلغت h^2 ٥,٣٪، و٤,٠٪، بينما بلغت H^2 ٤,١٪، و٨,٠٪. ويعنى ذلك أن التحسين الوراثى بالانتخاب لصفة مقاومة التربس فى البصل يمكن تحقيقها بالانتخاب على أساس العائلات وليس اعتمادًا على انتخاب النباتات الفردية (Hamilton وآخرون ١٩٩٩).

وقد وجد أن المقاومة للتربس (*T. tabaci*) تتوفر فى سلالات من البصل يقل الشمع بنمواتها الخضرية (glossy)، مثل: B9885، و B9897، و B11278، و B11377)، ويمكن استخدامها فى إنتاج الهجن المقاومة (عن Havey ١٩٩٣).

هذا.. وتتوفر تباينات طبيعية بين سلالات البصل فى كمية تلك الشموع السطحية epicuticular waxes بنمواتها الخضرية، وتكون أضرار تغذية التربس *T. tabaci* على النباتات التى تحتوى على كميات أقل من تلك الشموع (وهى التى تكون براقة glossy) أقل مما يحدث فى النباتات التى يوجد بأوراقها كميات أكبر من الشموع السطحية waxy ويحتوى الطراز الشائع من البصل على كميات وفيرة من الشموع السطحية، وتعرف بأنها شمعية waxy. وتحتوى التراكيب الوراثية المتنحية فى تلك الصفة على

كميات أقل جوهريًّا من الشموع السطحية، وتُظهر مقاومة للتربس، لكنها تكون حساسة لأضرار الرش بالمبيدات ولأمراض النموات الخضرية، كما تتعرض للنتح الزائد. وتتوفر طُرز وسطية بين الشمعية waxy وغير الشمعية glossy تعرف باسم نصف براقة semiglossy. ولقد ظهرت بلورات شمعية بوضوح فى سطح النموات الخضرية الشمعية، وقل تواجدها فى الطرز الوسطية، وانعدم وجودها فى الطرز الـ glossy. وكان الكيتون hentriacontanone-16 أكثر الشموع تواجدًا فى أوراق البصل الشمعى، وكان أقل جوهريًّا جدًّا بالطرز الـ semiglossy مقارنة بالشمعية waxy، وفى الطرز الـ glossy مقارنة بالشمعية والـ semiglossy. وكان عدد أفراد التربس البالغة والصغيرة أقل جوهريًّا بالسلالات الـ glossy، وفى الـ semiglossy مقارنة بتواجدها بالسلالات الـ waxy. ويستدل مما سبق أن طرز البصل الـ semiglossy التى تحتوى أوراقها على كميات متوسطة من الشموع قد لا تُعانى من أضرار تغذية التربس فى الوقت الذى تتوفر بها الحماية من المسببات المرضية وظروف الشدِّ البيئى (Damon وآخرون ٢٠١٤).

وقد تبين أن جين واحد متنحٍ أُعطى الرمز gl يتحكم فى صفة الأوراق البراقة (أو اللامعة) glossy (Munaiz وآخرون ٢٠٢٠). وبالتحليل الوراثى لطُرز وكميات الشموع السطحية فى العائلات المنعزلة من تلقيحات بين السلالتين البراقتين B9885 و B9897 (وهما منتخبتان من صنف البصل White Persian) وكل من السلالة الشمعية B8667 والسلالة نصف البراقة (التى توجد بأسطح أوراقها كميات متوسطة من الشموع) B5351.. تأكد وجود جين واحد متنحٍ يتحكم فى صفة الأوراق البراقة، وتبين حمله على الكروموسوم ٨ أعطى الرمز glWP. وكانت نفس المنطقة من كروموسوم ٨ ترتبط جوهريًّا بإنتاج كميات من الكيتون hentriacontanone-16 (اختصارًا: H16) والكحولات الدهنية 1-octacosanol (اختصارًا: Oct1)، و 1-triacontanol (اختصارًا: Tri1). أما نباتات الجيل الثانى للتلقيح B5351 × B9817 فلم تنعزل على أساس جين واحد أو جينين متنحيين. وأمكن التعرف على QTLs على الكروموسومين ٥، و٨ تتحكم فى الكمية المنتجة

من H16، وكان بين المنطقتين تفوق. أما كميات المركبين Oct1، و Tri1 فى عائلات التلقيح B5351 × B9897 فكانت ترتبط بـ QTL رئيسية على الكروموسوم ١ (Munaiz & Havey ٢٠٢٠).

الفصل الثامن

تربية الثوم

النشأة والموطن وتاريخ الزراعة

تتوفر عدة أدلة على أن موطن الثوم هو فى وسط آسيا، وأن منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط هى مركز ثانوى للنشؤ. ولعل اكتشاف نباتات تُنتج بذورًا حقيقية فى الجانب الشمالى الغربى لجبال Tien Shan بوسط آسيا هو ما أكد نشاته فى تلك المنطقة.

ولقد اقتُرح أن *Allium longicuspis* هو السَلَف progenitor البرى للثوم المنزرع، خاصة وأنهما يتشابهان مورفولوجيا وفى كروموسوماتهما، وينموان معًا بريًّا على الجانب الغربى من جبال Tien Shan فى تركمنستان. وقد بلغ من شدة تشابهما مورفولوجيا أن اقترح وضع *A. longicuspis* كتحت مجموعة subgroup أو تحت نوع subspecies للنوع *A. sativum*.

اقترح — كذلك — أن النوع التركى المنتج للبذور *Allium tuncelianum* هو الأصل البرى لكل من الثوم، و *A. longicuspis* (Cavagnaro & Galmarini ٢٠٠٧).

وثبت أن الثوم المنتِج لرأس واحدة بصلية يتبع *A. sativum*، وليس من *A. ampeloprasum* var. *holmense* (وهو ما يعرف باسم great headed garlic) علمًا بأن كليهما ينتج فصوصًا صالحة للأكل، ولكن يمكنهما — فى ظروف خاصة كذلك — إنتاج رأس بصلية واحدة (Figliuolo & di Stefano ٢٠٠٧).

لقد زُرع الثوم منذ آلاف السنين فى بعض مناطق حوض البحر الأبيض المتوسط، إلاّ أن تلك المناطق ليست موطنه، الذى يُعتقد — كما أسلفنا — بأنه فى وسط آسيا. وقد انتقلت زراعة الثوم من موطنه الأصلى إلى حوض البحر الأبيض المتوسط وبقية آسيا

وأوروبا، ثم نُقل بعد ذلك إلى أمريكا الشمالية والجنوبية بواسطة المكتشفين والمهاجرين الأوائل فى بدايات القرن الخامس عشر الميلادى، ثم نُقل إلى أستراليا والجزر المجاورة لها وإلى وسط وجنوب أفريقيا فى بدايات القرن التاسع عشر (عن Batchvarov ١٩٩٣).

تقسيمات تحت أنواع الثوم وطُرزه

لقد تعددت محاولات تقسيم تحت أنواع الثوم. وفى إحداها يميز ثلاثة تحت أنواع (أصناف نباتية)، هى:

١- *A. sativum* var. *sativum*: لا يكون شمراخًا زهريًّا non bolting .

٢- *A. sativum* var. *ophioscorodon*: يكون شمراخًا زهريًّا ملتويًا مثل الثعبان.

٣- *A. sativum* var. *scordoprasum*: يكون شمراخًا زهريًّا غير ملتوٍ.

وفى محاولة أخرى للتقسيم.. يُميز *A. sativum* إلى تحت نوعين (صنفان نباتيان)، هما:

١- *A. sativum* var. *sagitatum*: يكون شمراخًا زهريًّا.

٢- *A. sativum* var. *valgare*: لا يكون شمراخًا زهريًّا (عن Batchvarov ١٩٩٣).

هذا.. وتُقسم كُلاًّ من تحت الأنواع التى تكون شماريخ زهرية وتلك التى لا تكون شماريخ زهرية إلى طرز بيئية ecotypes مختلفة.

فتقسم الـ bolting subspecies إلى:

- طراز بيئى آسيوى Asian ecotype.
- طراز بيئى قوقازى Caucasian ecotype.

- طراز بيئى ساحلى Seaside ecotype.

وتقسم الـ non-bolting subspecies إلى:

- طراز بيئى قارى Continental ecotype .
- طراز بيئى جنوب روسى South Russian ecotype.
- طراز بيئى شرق متوسطى East Mediterranean ecotype. (عن Batchvarov ١٩٩٣).

ولقد أمكن تحديد واسمات RAPD وثيقة الصلة بصفات الحنبطة (الاتجاه نحو الإزهار bolting)، ولون البصلة، ومدى اندماج الفصوص فى الثوم (Song وآخرون ٢٠٠١).

كما أمكن التعرف على واسمة دنا ميتوكوندريونى — أُعطيت الرمز BltM — فى كيميرا سلالة مُحنبطة من الثوم، وترتبط بالحنبطة، ويمكن استعمالها — بكفاءة — فى التمييز بين سلالات الثوم الكاملة الحنبطة والسلالات غير المحنبطة أو تلك التى لا تكون حنبطتها كاملة (Ipek & Ipek ٢٠٠٧).

السيتولوجى

إن العدد الأساسى للكروموسومات (ن) فى الثوم هو ٨، والنبات الثنائى التضاعف فيه ٢ن = ١٦، وباقى الأنواع التى تتبع نفس القسم section تُعد رباعية التضاعف وفيها ٢ن = ٣٢. ويُعد الصنف النباتى *A. sativum* var. *scordoprasum* ثلاثى التضاعف فيه ٣ن = ٢٤. وقد ذكر باحثون مختلفون أن العدد الأساسى لكروموسومات الثوم يتباين من ٦ إلى ٨، دون أن يكون لذلك أى تأثير على الشكل المظهرى. وكروموسومات الثوم كبيرة؛ الأمر الذى يجعل من السهل دراستها (عن Batchvarov ١٩٩٣).

الجيرمبلازم

أسلفنا الإشارة إلى مجاميع جيرمبلازم الثوم فى الفصل الأول من الكتاب.

ولقد استُخدمت عشرة SSR loci فى دراسة ٧٣ سلالة أرجنتينية من الثوم من حيث تباينها الوراثى ومحتواها من المركبات الهامة المؤثرة فى الطعم والنكهة والنمو والتطور. وقد أمكن التعرف على واسمتى SSR على صلة وثيقة بالشمرخة bolting، وأمكن التعرف على مجموعة من السلالات الفسيوبيئية ecophysiological. واستُدل من نتائج الدراسة على إمكانية الانتخاب لكلٍ من التراكيب الوراثية المعتدلة الحرافة mild والحريفة pungent، وكذلك الانتخاب للقدرة العالية على التخزين. ولقد وُجدت تباينات جوهرية فى محتوى المركبات الكيميائية النباتية phytochemicals (حامض البيروفك، والفينولات، والمواد الصلبة الكلية) بين سلالات كلٍ من أقسام الأصناف النباتية، وسلوك الإزهار، والفسيوبيئية (Barboza وآخرون ٢٠٢٠).

هذا.. ويمكن حفظ جيرمبلازم الثوم بالتبريد الفائق cryopreservation (Keller ٢٠٠٢).

الإزهار وإنتاج البذور

حُصِلَ على أعلى نسبة من الإزهار فى جميع سلالات الثوم الخضرية التى دُرست (وهى ١٣٪–٤٣٪) بزراعة النباتات فى حرارة ١٠ °م ونهار قصير (٩–١٠ ساعات) دون سبق التخزين البارد للأبصال قبل زراعتها (Pooler & Simon ١٩٩٣).

إن لإنتاج البذور فى الثوم أهميته القصوى فى كلٍّ من برامج التربية وإنتاج المحصول، وهو أمر لم يكن فى الحسبان حتى عهد قريب.

فقد ثبت منذ عام ١٩٥٣ (بواسطة Kononkov) أن الثوم يمكن أن يُنتج أزهارًا خصبة، لكن لم تُقدم أدلة مقنعة على إنتاج الثوم لبذور كاملة الحيوية إلاّ فى عامى ١٩٨٣ (بواسطة Etoh)، و ١٩٨٤ (بواسطة Konvicka)، وتلى ذلك كثير من التقارير المؤيدة لذلك.

فبعد رحلة لجمع جيرمبلازم الثوم من آسيا الوسطى السوفيتية فى عام ١٩٨٣، وُجد أن عديدًا من السلالات الخضرية التى تم جمعها كانت خصبة. وقد كانت إحدى

السلالات عقيمة الذكر، ولكنها أنتجت – بالتلقيح مع سلالات أخرى خصبة الذكر – أكبر عدد من البذور عالية الحيوية، وكان نصف نسل هجين هذه السلالة مع سلالة خصبة الذكر عقيم الذكر (Etoh ١٩٩٧).

وأمكن فى معهد بحوث وتطوير الخضر الآسيوى التوصل إلى سلالة من الثوم (هى: FG-2) تُزهر وتُنتج – بالتلقيح اليدوى – بذورًا كاملة الحيوية (AVRDC ١٩٩٣).

وأمكن التعرف على واسمتى RAPD لصفة خصوبة حبوب اللقاح فى الثوم (Etoh & Hong ٢٠٠١).

وأمكن دفع سلالات الثوم الخضرية التكاثر لإنتاج بذور حقيقية بإزالة البلابل vegetative topsets من النورة، ثم قطع النورة من البصلة تحت الأرضية؛ حيث أدى ذلك الإجراء إلى إنتاج ٦٣ بذرة حقيقية خصبة من ١١ سلالة خضرية (Pooler & Simon ١٩٩٤).

ويبدو أن إزالة البلابل الزهرية topsets يُحسِّن حالة خصوبة حبوب اللقاح فى سلالات الثوم القادرة على إنتاج اللقاح، كما تتحسن عملية إنتاج البذور ونضجها بعملية إزالة البلابل الزهرية تلك. ويكون تأثير إزالة البلابل أكثر وضوحًا فى سلالات الثوم التى يُنتج بلابل متوسطة أو كبيرة الحجم.

وعندما أُجرى تقييم شمل ٤٧ صنفًا وسلالة من الثوم تبين إنتاج ١٩ سلالة منها لبذور حقيقية تراوح عددها بين ١,٥ إلى ٤٨,٥ بذرة/نبات (Jenderek & Hannan ٢٠٠٤).

ولقد أمكن إنتاج آلاف من بذور الثوم بمساعدة من عملية إزالة البلابل الزهرية، وتوفير الذباب ليقوم بعملية التلقيح، والظروف البيئية المناسبة بالحماية من الأمطار والحرارة العالية. وقد تراوح الإنبات فى تلك البذور بين ٣,٣٪، و٣٩,٢٪ فى مختلف السلالات، وبعد المعاملة أثناء التخزين والإنبات تباينت نسبة الإنبات من ٢,٧٪ إلى ٨٢,٥٪.

وفى دراسات لاحقة أمكن إنتاج أكثر من ٥٠٠٠٠ بذرة بواسطة Inaba وآخرين فى عام ١٩٩٥ وبلغت نسبة الإنبات فيها ٨٠٪. ومع استمرار الإكثار بالبذور ازداد عدد البذور التى ينتجها النبات الواحد من ٢٠ بذرة/نبات فى السلالة الأصلية إلى ٢٤٨ بذرة/نبات فى الجيل البذرى الرابع؛ بما يدل على أهمية العامل الوراثى فى التحكم بالقدرة على إنتاج البذور.

وأعقب ذلك أنتجت Jenderek فى عام ١٩٩٨ حوالى ٢ مليون بذرة ثوم فى سبع سنوات باستعمال ٦٤ سلالة خصبة، كان منها ٢٧ سلالة أنتجت أكثر من ٤٠٠ بذرة/نورة، بحدٍ أقصى ٦٥٦ بذرة/نورة. وقد تراوح إنبات البذور فيها من ٦٧٪ إلى ٩٣٪، وتراوح وزنها بين ٣٣٩، و٣٨٤ بذرة/جرام. ولم تكن عملية إزالة البلابل الزهرية ضرورية فى الأجيال المتأخرة لأجل إنتاج البذور.

ويفتح ذلك كله آفاقًا جديدة فى مجال تربية الثوم (Etoh & Simon ٢٠٠٢).

وبذور الثوم أصغر حجمًا وأقل حيوية من بذور البصل، ويمكن أن يستغرق إنباتها عدة شهور. وقد امكن تحسين إنباتها بمعاملات الخدش scraification، والتنضيد stratification، والتبريد الرطب، لكن لم يكن للمعاملة بالهرمونات النباتية أى تأثير. وأدى تخزين البذور على ٥°م لمدة ٣-٦ شهور، ثم استنباتها على ورق ترشيح مبلل على ٥°م إلى تحقيق ٢٠٪ إنبات. ويعنى ذلك أن بذور الثوم تكون ساكنة.

وقد أمكن الحصول على إنبات بنسبة ٨٠٪ بالتبريد الرطب (على صفر-٣°م) لأكثر من أسبوعين وتبعها التعرض لفترة ضوئية طويلة (١٦ ساعة بقوة ٣٠٠٠ لكس lux) على ٢٢°م، وذلك بعد حصاد البذور (عن Etoh & Simon ٢٠٠٢).

الهجن النوعية

أدى اكتشاف وجود سلالات ثوم خصبة إلى الاتجاه نحو إنتاج هجن نوعية بين الثوم وأنواع *Allium* أخرى، ومن تلك المحاولات، ما يلى:

١- أمكن إنتاج هجن نوعية بين البصل *A. cepa* والثوم *A. sativum* بالتلقيح العادى متبوعًا بزراعة الأجنة. ويعد ذلك هجينًا بين نوعين من جنس واحد، ولكن قسمين sections مختلفين، هما *Cepa*، و *Allium*. كانت خصوبة حبوب اللقاح فى النباتات الهجين ٢٪ فقط، ولم تُنتج بذورًا. وعلى الرغم من درجة العقم العالية لنباتات ذلك الهجين — الأمر المتوقع كونه تهجين بعيد بين أنواع قسمين مختلفين — فإنه يفتح الباب أمام إمكانية نقل جينات من الثوم إلى البصل بتكرار التلقيح الرجعى إلى البصل مع اللجوء إلى زراعة الأجنة.

٢- تبين أن التلقيح بين *A. longicuspis* والثوم. (الذى أُجرى بعد اكتشاف أول سلالة خصبة من الثوم) كان ناجحًا، وهو الذى أُجرى بتلقيح *A. longicuspis* العقيم بلقاح الثوم الخصب. هذا إلاّ إن الهجين الناتج كان عقيمًا. وعلى أى حال.. فإن الدراسات الأحدث تُفيد بأن كل من *A. longicuspis* و *A. sativum* ينتميان لنوع واحد.

٣- أُنتج كذلك هجين نوعى بين الكرات *A. ampeloprasum* كأم والثوم الخصب، علمًا بأن كلا النوعين ينتميان للقسم *Allium*، ولكنهما يختلفان فى مستوى التضاعف الكروموسومى. فالكرات رباعى التضاعف وبه ٣٢ كروموسومًا، بينما الثوم ثنائى التضاعف وبه ١٦ كروموسومًا؛ ولذا.. أمكن الحصول من هذا التلقيح على عديد من النباتات الثلاثية التضاعف، وكذلك على نباتات aneuploids قريبة من الـ triploid. وأيضًا حُصِلَ من هذا التهجين على نباتات رباعية وأخرى ثنائية التضاعف ولكنها قد لا تكون هجنًا (Etoh & Simon ٢٠٠٢).

وفى دراسة أخرى.. أمكن الحصول على هجين نوعى بين الكرات *A. ampeloprasum* والثوم *A. sativum* باستعمال سلالة ثوم خصبة كأب مع زراعة المبيض. احتوى الهجين على ٢٤ كروموسومًا (٢ن = ٣س = ٢٤)، وأظهر قوة نمو أكبر من كلا الأبوين؛ فكان نموه الخضرى وحجم أبصاله أكبر من كلا الأبوين، واحتوت

أبصاله على عدد متوسط من الفصوص التى يمكن استخدامها فى إكثاره خضريًّا، وظهرت بالهجين المركبات ذات الرائحة الخاصة بالثوم، وهى التى لا توجد فى الكرات. وهذا الهجين النوعى — بتلك الصفات — قد يمكن استخدامه كمحصول جديد (Yanagino وآخرون ٢٠٠٣).

التكاثر الخضرى وأهميته ومشاكله فى التربية

مميزات التكاثر الخضرى

يُعد التكاثر الخضرى ميزة كبيرة بالنسبة لمربى الثوم، حيث تُمَكِّنه من إكثار أى نبات متميز منتخب؛ ليصبح أساسًا لسلالة خضرية جديدة، يمكن أن تصبح صنفًا جديدًا، هذا.. إلاّ أن للتكاثر الخضرى مشاكله الجمة فى برامج تربية الثوم.

مشاكل التكاثر الخضرى

إن من أهم مشاكل التكاثر الخضرى فى الثوم، ما يلى:

١- صعوبة الحصول على تباينات وراثية جديدة بغير الطفرات الطبيعية والمستحدثة.

٢- بطء معدل التكاثر، خاصة عند إنتاج السلالات الجديدة فى برامج التربية.

٣- انتقال جميع الفيروسات للنسل عند الإكثار الخضرى. ولقد أوضحت الدراسات أن الخلو من الفيروسات يزيد محصول الثوم بنحو ٥٠٪ أو أكثر، وذلك بسبب الحجم الأكبر للفصوص فى السلالات الخالية من الإصابة. ولذا.. يتعين التخلص من الإصابات الفيروسية لإنتاج محصول خالٍ من الفيرس (Salamon ٢٠٠٢).

ولهذا السبب .. اتجهت عديد من الدراسات نحو تخليص الثوم من الإصابات الفيروسية.

وسائل تخليص الثوم من الإصابات الفيروسية

يتم التخلص من الإصابات الفيروسية فى سلالات الثوم التى يُرغب فى إكثارها بالطرق الآتية:

١– زراعة القمة الميرستيمية:

تكون الخلايا الجنينية embryonic cells فى ميرستيم الثوم خالية (أو خالية تقريبًا) من الإصابات الفيروسية؛ ولذا.. فإن النبيتات التى تُكثر من القمة الميرستيمية قد تخلو من الفيروسات. هذا.. إلاّ إن تلك الخلايا الجنينية التى فى الميرستيم تكون قليلة العدد ويصعب فصلها عن الخلايا المصابة المجاورة لها، والتى قد تنقل لها الفيروسات من خلال الروابط البلازمية Plasmodesmata التى تربط الخلايا المتجاورة بعضها ببعض. ومن ثم فإن نسبة قليلة من نبيتات مزارع القمة الميرستيمية تكون خالية من الفيروسات، ويتباين مدى النجاح فى هذا الأمر بين الأصناف. كذلك يتباين معدل التنشئة regeneration لنبيتات المزارع بين الأصناف.

٢– المعاملة الحرارية thermotherapy:

فى حرارة ٣٨ْم أو أعلى يقل كثيرًا معدل تكاثر الفيرس فى الخلايا النباتية، وقد يتوقف تمامًا. وفى ذات الوقت تستمر خلايا النبات الميرستيمية فى الانقسام والتكاثر، وإن حدث ذلك ببطء. ويؤدى بطء معدل تكاثر الفيرس بفعل الحرارة العالية إلى خفض أعداد جزيئات الفيرس التى يمكنها التحرك نحو الخلايا الجديدة المتكونة. وفى تلك الظروف قد تخلو الأنسجة الجديدة المتكونة من الفيروسات ويؤدى الجمع بين تقنية زراعة القمة الميرستيمية والمعاملة الحرارية إلى زيادة فرصة الحصول على نبيتات جديدة خالية من الفيرس. هذا.. إلاّ إن كفاءة تلك العملية تتباين باختلاف التركيب الوراثى للثوم، كما أن شدة المعاملة الحرارية يتعين تحديدها لكل صنف.

وجدير بالذكر أن تأثر فيروسات الثوم بالمعاملة الحرارية يختلف باختلاف الفيروسات التى يُراد التخلص منها، وبعضها – مثل فيرس تقزم البصل الأصفر OYDV – لا يتأثر بالمعاملة الحرارية.

٣– المعاملة الكيميائية chemotherapy:

يُستخدم فى هذا الشأن المركبات الكيميائية التى تعيق انقسام الحامض النووى؛

ومن ثم تحد من تكاثر الفيرس. ومما يعيب هذه الطريقة أن الأنسجة المعاملة قد تتأثر هى كذلك بالمعاملة. كما أن المعاملة الكيميائية قد تُحدث طفرات فى الأنسجة المعاملة؛ ومن ثم تغير من الصفات البستانية للصنف. وإضافة إلى ذلك فإن المركبات التى تستخدم فى هذا الشأن، مثل 5-fluorouracil، و 6-azoguanine — سامة وقد تضر بمستعملها وبالبيئة (عن Salomon ٢٠٠٢).

أهمية استخدام البلابل الزهرية فى الزراعة فى برامج التربية

عندما تُنتج عشيرة الثوم التى يعمل عليها المربى بلابل زهرية bulbils فإن ذلك يُفيد المربى كثيرًا لسببين: فهى أولا تُسرع من عملية الإكثار لزيادة عدد وحدات التكاثر (فصوص + بلابل). وهى ثانيًا تكون خالية من الإصابات النيماتودية والأمراض الأخرى، وخاصة فيرس الموزايك والفيروسات الأخرى (Bathvarov ١٩٩٣).

تطبيقات البيوتكنولوجى فى تربية الثوم

تفيد مزارع الأنسجة كثيرًا فى تنقية الثوم من الفيروسات — كما أسلفنا — مع المحافظة على حالته الثنائية التضاعف، ومع المحافظة على جميع صفات النبات الأصلى. ولمزارع الأنسجة أهميتها فى استحداث الطفرات بالعوامل المطفرة سواء أتم ذلك باللجوء إلى المركبات الكيميائية، أم للأشعة. هذا.. مع العلم بأن مزارع الكالوس لا تُفيد فى المحافظة على صفات النبات الأصلى الذى جُهِّزت منه المزرعة نظرًا للتغيرات الوراثية التى قد تحدث فيها. ومع ذلك.. فإن تلك التغيرات قد تكون مفيدة ومرغوب فيها.

وعن طريق مزارع البروتوبلاست يمكن التهجين بين الثوم والأنواع الأخرى وإنتاج هجن جسمية somatic hybrids. ولا يقتصر الأمر على دمج نواتا النوعين المهجنين معًا، ولكن قد يمكن الاقتصار على دمج جينوم الميتوكوندريا أو الكلوروبلاستيدات (عن Batchvarov ١٩٩٣).

ولقد درس Liu وآخرون (٢٠١٧) العوامل المؤثرة فى العيب الفسيولوجى hyperhydricity فى مزارع أنسجة الثوم، وهو عيب شائع فى مزارع الأنسجة للنباتات بوجه عام ويؤثر سلبيًّا على تجديد النمو regeneration والإكثار الدقيق.

طرق تربية الثوم

تعتمد تربية الثوم على انتخاب السلالة الخضرية clone المرغوب فيها، ويجرى ذلك إما بطريقة انتخاب السلالات الخضرية الإجمالى mass clonal selection، وإما بطريقة انتخاب السلالات الخضرية الفردية individual clonal selection. وفى نهاية البرنامج بأى من الطريقتين يتم إجراء تقييم حقلى موسع مع الإكثار للسلالات الخضرية التى يتم انتخابها، وذلك لمدة ٢–٣ سنوات.

أولاً: انتخاب السلالات الخضرية الإجمالى

تُتبع طريقة انتخاب السلالات الخضرية الإجمالى — بصفة عامة — للمحافظة على الصنف، وكذلك كمرحلة أولى فى عملية التربية. وفى حالة التربية تنتخب نباتات فردية من عشيرة أو أكثر تشترك فى أصل واحد. ويُجرى تقييم للعشيرة المنتخبة لجيلين أو ثلاثة أجيال، علمًا بأن ذلك التقييم لا يُحسن من صفات النباتات المنتخبة؛ فهو يُجرى — فقط — للتأكد من صفاتها.

وتكون تفاصيل خطوات برنامج التربية، كما يلى:

السنة الأولى:

تُنتخب النباتات التى يبدأ بها برنامج التربية من أفضل العشائر المزروعة، حتى ولو كانت من عشائر متماثلة، ولكن النباتات التى انتُخِبت من كل عشيرة يجب أن تبقى منفصلة. ويجرى الانتخاب فى أوج النمو النباتى عندما تصل النباتات إلى أقصى نمو لها، وتكون الأبصال قد اكتمل تكوينها تمامًا. يجرى الانتخاب حسب المواصفات المرغوب فيها، وتعلم النباتات المنتخبة بعلامات مرقمة أو بخيوط ملونة. ويفضل أن

يشمل الانتخاب ما لا يقل عن ١٠٠٠ نبات نظرًا لأن ٥٠٪ من السلالات المنتخبة تستبعد فى السنة الأولى للتقييم، ولا يتبقى منها بعد السنة الثانية سوى ٢٥ ٪ فقط.

السنة الثانية:

تُستبعد الأبصال الكاملة التى يظهر عليها إصابات بالأمراض أو الآفات. تُجرى الزراعة فى الموعد المناسب، وتنتخب الأبصال الجيدة فقط للزراعة. تُفصص الأبصال المنتخبة وتخلط الفصوص كلها معًا. يُجرى التقييم أثناء النمو الخضرى. وفى نهاية تلك المرحلة تفحص النباتات بعناية، وتُعلَّم النباتات المنتخبة بوضوح، وهى التى تُحصد ويُحتفظ بها بعروشها، وتخزن فى ربطات bunches.

السنة الثالثة:

تلك هى السنة الثانية لتقييم الأجيال، وتجرى فيها كل الأنشطة التى سبق إجراءها فى العام السابق. وفى نهاية فترة النمو الخضرى يجرى استبعاد تام لكل النباتات التى تظهر بها صفات غير مرغوب فيها، وتكون منحرفة عن الهدف المطلوب؛ كأن تكون بحجم صغير، أو ضعيفة، أو تكون متأثرة بالأمراض والآفات. وإذا ما كانت تلك الانحرافات شديدة فإن التقييم يمكن أن يستمر لعام آخر.

السنة الرابعة:

فى هذه السنة يتم إنتاج التقاوى الـ super elite. يجب تخزين النباتات التى انتخبت فى العام السابق، ثم زراعتها، وقبل حصادها يتم استبعاد النباتات الصغيرة الحجم والتى تظهر بها انحرافات واضحة. ويجرى فى هذا العام اختبار لمقارنة السلالة المنتخبة بالصنف التجارى. وتستمر تلك الاختبارات لسنتين أو ثلاث حسب الحاجة. وتتم التوصية بأفضل خليط من السلالات الخضرية وإكثارها كصنف جديد.

ثانياً: انتخاب السلالات الخضرية الفردية

تتبع طريقة انتخاب السلالات الخضرية، حينما تحتوى العشيرة على تباينات وراثية متميزة نتيجة لحدوث طفرات بها، سواء أكانت طفرات طبيعية، أم مستحدثة بالعوامل المطفرة، وتكون خطواتها، كما يلى:

السنة الأولى:

تزرع العشيرة التى تحتوى على التباينات فى الظروف المثلى للنمو والإنتاج. يجرى أول انتخاب للنباتات الفردية المرغوب فيها، مع تعليمها بوضوح خلال مرحلة النمو الخضرى. يجب أن يتضمن الانتخاب أفضل ١٠٠–١٥٠ نبات، يتم وصفها جيدًا، وتخزن بعد الحصاد. ومع التحضير للزراعة تتم دراسة كل نبات على حدة تفصيليًّا من حيث متوسط وزن البصلة، وعدد الحراشيف الجافة الخارجية الجيدة بها، ولونها، وشكلها (بقياس الارتفاع والقطر)، ثم تفصيصها فصًّا فصًّا وتسجيل قوة التصاق الفصوص، وتحديد أحجامها وأوزانها ونسبة وزنها إلى وزن البصلة، وكذلك تسجيل لون الفصوص. ويلى ذلك وضعها فى أكياس من الشاش ومعاملتها — قبل زراعتها – بالمبيدات لوقايتها من العفن الأبيض والفيوزاربم.

السنة الثانية:

تكون الزراعة فى الظروف المثلى لكل طراز إيكولوجى ecotype. تُزرع فصوص كل بصلة فى خطوط مستقلة وعلى مسافات متساوية لتكون المقارنة سليمة. ويتعين زراعة خط من صنف قياسى للمقارنة كل ١٠–٢٠ خط من فصوص الأبصال المنتخبة. ويُجرى التقييم بعد اكتمال النمو والأوراق ما زالت خضراء ونضرة.

تُحصد النباتات من السلالات الخضرية التى يتم اختيارها، ويتم رَصَّها إلى جانب الصنف القياسى، بحيث يمكن رؤية وملاحظة كل الأبصال والسيقان. ويتم اختيار بصلتين من كل سلالة خضرية لمزيد من الاختبارات. وبعد استكمال التقييم يتم اختيار السلالات الخضرية التى تُزرع فى عام ثانٍ. أما الأبصال المتبقية من كل سلالة منتخبة (١٠ أو أكثر) فإنها تزرع فى حقل تجريبى لبداية الإكثار.

السنة الثالثة:

تلك هى السنة الثانية لتقييم أجيال السلالات الخضرية المفردة. تزرع فصوص بصلة واحدة من البصلتين المختارتين من كل سلالة، وأحيانًا تزرع فصوص كلتا البصلتين، ويكون ذلك بنفس الطريقة التى اتُبعت فى الزراعة فى العام السابق. يُجرى التقييم كما سبق، مع استبعاد النباتات التى تُظهر أى اختلاف عن صفات السلالة، وقد تُستبعد السلالة كلها. يكون التقييم الشامل قبل الحصاد وبعده، ويتم اختيار ٢–٣ أبصال لاستمرار إكثار السلالة. ومن باقى السلالات المنتخبة يتم اختيار ١٠–١٥ بصلة من كل منها لأجل إكثارها فى العام التالى وإنتاج تقاوى سوبر إيليت (Batchvarov ١٩٩٣).

التربية بالتضاعف

أمكن إحداث التضاعف فى جينوم الثوم الثنائى التضاعف بمعاملة أقراص من ساق الثوم بالكولشيسين بتركيز ٠,٥٪ (وزن/حجم). كانت أوراق النباتات الرباعية التضاعف أسمك وأكثر إحضرارًا عن النباتات التى لم تُعامل، كما أظهرت تباينًا واضحًا فى حجم الثغور. كذلك أظهرت نباتات الثوم الرباعية التضاعف زيادة فى تركيز الأليسين allicin بلغت — فى المتوسط — ٣٠,٧٪ (Dixit & Chaudhary ٢٠١٤).

التربية لتحسين المحصول وصفات الجودة وتحمل مبيدات الحشائش

وجد من دراسة أُجريت على ٢١٢ صنفًا وسلالة من الثوم أن محصول الأبصال يرتبط جوهريًا مع كلٍ من وزن البصلة (r = ٠,٩٩)، وقطر البصلة (r = ٠,٧٣)، وارتفاع البصلة (r = ٠,٥٣)، وعدد الفصوص بها (r = ٠,٥٢)، وعرض الورقة (r = ٠,٥٢) (Wang وآخرون ٢٠١٤).

وأثمر الانتخاب المستمر فى سلالة من الثوم لمدة ١٣ سنة تحت ظروف الحقل إلى تحسين متوسط وزن البصلة من ٦٥,٣ جم فى السنة الأولى إلى ٨٤,٨ جم فى السنة الثالثة عشر (Gimenez & Lampasona ٢٠١٨).

ولقد أُجرى تقييم شمل ٢١٢ صنفًا وسلالة من الثوم لمحتوى الأبصال من الأليسين allicin، ووجد أنه تراوح من ٠,٨١٪ إلى ٣,٠١٪ (Wang وآخرون ٢٠١٤).

وأمكن تحويل الثوم وراثيًّا بالجين acetolactate synthase من طفرة *Arabidopsis* مقاومة مبيد الحشائش chlorsulferon، واستُخدم فى ذلك طريقة القذف بالجسيمات الدقيقة particle bombardment لأنسجة كالوس الثوم (Park وآخرون ٢٠٠٢).

التربية لمقاومة الأمراض

مقاومة اللطعة الأرجوانية

أُجرى تقييم شمل أكثر من ٩٠ صنف وسلالة خضرية من الثوم لمقاومة الفطر *Alternaria porri* مسبب مرض اللطعة الأرجوانية ولفحة استمفلِّم التى يُسببها الفطر *Stemphylium vesicarium* تحت ظروف إصابة وبائية طبيعة أو بعد العدوى الصناعية، ووجدت ٣٩ سلالة كانت مقاومة لفطر الاستمفلَّم و ١٨ كانت مقاومة لفطر الألترناريا، كان منها ٩ سلالات مقاومة لكلا الفطرين، وهى: IC-32320، و IC-35286، و IC-43398، و IC-48157، و IC-48875، و IC-49415، و EC-158250، و T84/13، و C-1525 (Bisht & Thomas ١٩٩٢).

مقاومة عفن الفصوص الفيوزارى

على الرغم من إصابة جميع سلالات الثوم التى قُيمت لمقاومة الفطر *Fusarium proliferatum* – مُسبب مرض عفن الفصوص الفيوزارى – إلاّ أن الإصابة كانت أعلى فى كل من الثوم الصينى (٨١,٨٤ ± ١٦,٤٤٪) والثوم العادى الأبيض (٨٧,٥ ± ٢٣,١٩٪) عما فى الثوم العادى القرمزى (٤٩,٠٦ ± ١٣,٤٢٪) (Llamas وآخرون ٢٠١٣).

مقاومة العفن الأزرق

وُجدت اختلافات مستمرة continuous (عند مستوى احتمال ٠,٠٠١) بين سلالات الثوم فى شدة إصابتها بالعفن الأزرق blue mold الذى يسببه الفطر *Pencillium allii*، والذى يُحدث خسائر كبيرة فى الحقل وأثناء التخزين. وتلك التباينات المستمرة فى شدة الإصابة تعنى أن المقاومة كمية فى وراثتها. ولقد كانت

السلالة Castano أكثرها مقاومة، والسلالة Peteco أشدها قابلية للإصابة بانتظام. ولقد أدت المعاملة بمستخلصات فصوص الثوم من كل السلالات المختبرة إلى تثبيط نمو الفطر فى البيئات الصناعية، وازداد هذا التثبيط مع زيادة تركيز المستخلصات حتى ٢٠٪ (حجم/حجم)، ثم أصبحت المستخلصات بعد ذلك قاتلة للفطر. وتبين أن مستخلصات الصنف Castano – وأصناف أخرى قليلة — أكثر تثبيطاً للفطر عن غيرها. وعلى الرغم من احتواء مستخلصات فصوص الثوم على فينولات وحامض بيروفك، فإن تركيزها لم يكن مرتبط بتثبيط الفطر فى البيئة الصناعية (Salinas & Lavagnaro ٢٠٢٠).

مقاومة الفيروسات

وُجد أن سلالة الثوم الخصبة ٢١١ منيعة لفيرس تقزم واصفرار البصل onion yellow dwarf virus، وعالية المقاومة لفيرس تخطيط الكرات الأصفر leek yellow stripe virus (Lot وآخرون ٢٠٠١).

مصادر إضافية

من المصادر الإضافية التى يمكن الرجوع إليها فى تربية الثوم، ما يلى:

Batchvarov (١٩٩٣): بخصوص موضوع وراثة وتربية الثوم من جميع جوانبه.

Etoh & Simon (٢٠٠٢): بخصوص نشأة وموطن الثوم، وجهود إنتاج البذور واستخدامها فى التربية.

Cavagnaro & Galmarini (٢٠٠٧): بخصوص بيوتكنولوجى الثوم، والخريطة الكروموسومية الجزيئية والواسمات.

Keller (٢٠٠٢): بخصوص حفظ جيرمبلازم الثوم، بالتبريد الفائق.

الفصل التاسع

تربية الكرات

يُعرف الكرات أبوشوشة فى الإنجليزية باسم Leek، ويسمى – علميًّا – *Allium ampeloprasum*، وكان يعرف سابقًا باسم *A. porrum*. أما الكرات المصرى (Egyptian Leek).. فكان يعرف – سابقًا – بالاسم العلمى *A. kurrat*، ولكنه يتبع – حاليًّا – نفس النوع الذى يتبعه الكرات أبوشوشة.

الموطن وتاريخ الزراعة

يعتقد أن موطن الكرات أبوشوشة فى منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، وقد عرفه الإغريق والرومان، كما كان يزرع الكرات المصرى فى عهد قدماء المصريين.

وربما نشأ الكرات فى منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط، ومنها انتشر إلى أوروبا فى العصور الوسطى، ثم انتقل منها إلى أمريكا الشمالية بواسطة المهاجرين الأوروبيين الأوائل. وتُعد فرنسا أكبر منتج للكرات فى العالم.

يتميز الكرات بتحمله الشديد للحرارة المنخفضة، وبعدم احتياجه لفترة ضوئية محددة، أو فترة راحة للبصلة؛ مما يجعله متأقلمًا للزراعة فى ظروف بيئية متباينة (Pink ١٩٩٣).

تنتشر زراعة واستهلاك الكرات أبوشوشة فى غرب أوروبا، حيث تكثر فيها السلالات المحلية land races. وتعتبر بلجيكا فى القلب من هذه المنطقة، وهى التى تتميز بالسلالات المحلية عالية المحصول، وفائقة التحمل للبرودة، وذات لون الأوراق الجيد، والمقاومِة لأعراض الشيخوخة (De Clercq وآخرون ١٩٩٩).

وقد تناول Pink (١٩٩٣) موضوع وراثة وتربية الكرات بشئ من التفصيل.

طُرز *A. ampeloprasum* المنزرعة والبرية

على الرغم من القضاء على معظم التباينات الوراثية التى كانت سائدة فى أوروبا بعد انتشار زراعة الأصناف المحسنة من المحصول، فإن النوع *A. ampeloprasum* يتوفر منه طرزًا أخرى ما زالت متوفرة فى بيئتها الطبيعية.. فى كل من منطقتى البحر الأبيض المتوسط وجنوب شرق آسيا، ومعظمها يتلقح بسهولة مع الكرات أبوشوشة، ومنها:

١- الكرات المصرى، وهو يزرع لأجل أوراقه، ويُعد مصدرًا لمقاومة فيرس تخطيط الكرات الأصفر LYSV، ويتلقح بسهولة مع الكرات أبوشوشة.

٢- البصل اللؤلؤى pearl onion، ونباتاته تشبه الكرات أبوشوشة لكنها أصغر حجمًا وبدون ساق كاذبة، وتُنتج عنقودًا من الأبصال البيضاء التى تُستخدم فى التخليل. وقد استُخدم البصل اللؤلؤى كمصدر لمقاومة صدأ الكرات *Puccini allii*، وهو يتلقح مع الكرات أبوشوشة.

٣- الثوم ذات الرأس الكبير great-headed garlic.. وهو سداسى التضاعف ولا يُنتج بذورًا؛ ومن ثم فهو لا يتلقح جنسيًّا مع الكرات.

٤- طُرز أخرى برية كثيرة من نفس النوع تتباين فى مستوى التضاعف، وهى تشكل مصدرًا لتباينات الجيرمبلازم إلاّ أن فائدتها فى تحسين الكرات ظلت محدودة، بسبب محدودية المعلومات عن مدى قرابتها للكرات، إضافة إلى صعوبة حث بعضها على الإزهار (van der meer & Hanlet ١٩٩٠، و Pink ١٩٩٣).

السيتولوجى

تتباين نباتات الـ *A. ampeloprasum* complex فى مستوى التضاعف؛ فنجد ٢ن = ٢٤، و٣٢، و٤٠، و٤٨، و٥٦. هذا إلاّ إن جميع أصناف الكرات أبوشوشة التجارية تُعد رباعية التضاعف، وفيها ٢ن = ٤س = ٣٢. ويعتقد الكثيرون أن الكرات رباعى التضاعف ذاتيًّا autotetraploid، لكن يعتقد آخرون بأنه رباعى التضاعف

هجينيًّا allotetraploid، ونشأ من ثلاثة آباء برية قريبة منه (De Clercq & Van Bockstaele ٢٠٠٢).

المورفولوجى

تنمو ساق النبات فى موسم النمو الثانى؛ معطية شمراخًا زهريًا واحدًا، يصل ارتفاعه إلى ٩٠–١٢٠ سم أو أكثر، وينتهى بنورة واحدة، تكون محاطة بغلاف شفاف، وتحتوى على بضعة آلاف من الأزهار الوردية اللون.

أما أزهار الكرات المصرى.. فتكون خضراء، أو بنفسجية اللون. الأزهار علوية خنثى منتظمة، والغلاف الزهرى بتلى، يتكون من ست بتلات فى محيطين، بكل منهما ثلاث بتلات. يتكون الطلع من ست أسدية فى محيطين، بكل منهما ثلاث أسدية فوق بتلية.

المتاع سفلى، ويتكون من ثلاث كرابل ملتحمة، ويوجد قلم واحد. التلقيح خلطى بالحشرات، ويعتبر النحل أهم الحشرات الملقحة. الثمرة علبة، والبذور سوداء صغيرة تشبه بذور البصل، إلا أنها أصغر حجمًا وأكثر تجعدًا مما فى البصل. وبذور الكرات المصرى أصغر حجمًا من بذور الكرات أبوشوشة.

طريقة إجراء التلقيحات

نظرًا لأن الكرات متوافق ذاتيًّا فإن أزهار النباتات التى تُستخدم كأمهات يتعين خصيها قبل إجراء التهجينات لمنع التلقيح الذاتى، يتم أولاً إحاطة النورة بكيس من الشاش أو السُلوفان، ثم تخصى الأزهار المفردة أولاً بأول مع تفتحها، وهى التى تنضج فيها أعضاء التذكير قبل استعداد الميسم لاستقبال حبوب اللقاح؛ أى إنها protandrous. ويُجرى التلقيح بعد الخصى بيوم أو يومين عندما يُصبح الميسم ريشيًّا feathery. ومع تفتح الأزهار بالتدريج من قاعدة النورة نحو قمتها (مركزها) يتعين خصى الأزهار يوميًّا لمنع التلقيح الذاتى للأزهار المخصية بلقاح من الأزهار التى تتأخر

فى التفتح بنفس النورة. ويعرف التلقيح الناجح بانتفاخ المبيض. وعند حدوث تلقيحات ناجحة كافية تتم إزالة الأزهار المتبقية. وعند توفر العقم الذكرى (وهو متوفر فى الكرات)، فإنه يُغنى عن الخصى.

التربية الداخلية وتأثيراتها على قوة النمو

أجمعت عدة دراسات على أن التربية الداخلية للكرات أبوشوشة (وهو الذى يحدث فيه تلقيح ذاتى طبيعى بنسبة ٢٠٪) يتبعها تدهور شديد فى قوة النمو قدر بنحو ٢٦٪–٦٢٪ بعد جيل واحد من التربية الداخلية، وقدر فى دراسة أخرى بنحو ٣٥٪ فى كل جيل من أجيال التربية الداخلية، وفى دراسة ثالثة قُدر التدهور بنحو ٦٠٪–٨٠٪ فى الجيل الأول، وبنحو ٢٧٪ أخرى فى الجيل الثانى. وقد تضاربت نتائج الدراسات فيما يتعلق بالتجانس فى صفات النمو مع التربية الداخلية بين زيادته ونقصانه، وذلك كما وُجد من حدوث زيادة فى معامل الاختلاف coefficient of variation لصفتى ارتفاع النبات وطول الساق الكاذبة مع التربية الداخلية.

ونظرًا لمعاناة الكرات الشديدة من التربية الداخلية فإنه يوصى بعدم زيادتها عن جيل واحد عند إنتاج الهجن، وذلك حتى لا تصبح السلالات التى يُراد إنتاجها ضعيفة النمو إلى درجة يصعب معها المحافظة عليها، خاصة وأن بعضها قد لا يُنتج أكثر من بضع بذور، كما تكون البذور ضعيفة الإنبات وضعيفة فى قوة نموها (عن De Clercq & van Bockstaele ٢٠٠٢).

طرق التربية

مما يُعيب أصناف الكرات المفتوحة التلقيح عدم تجانس نباتاتها فى النمو؛ الأمر الذى يرجع لأسباب وراثية. ويستمر ظهور حالة عدم التجانس — كذلك — فى السلالات المرباة داخليًّا، وهى التى تكون أيضًا على درجة عالية من الضعف فى بداية الإنبات ونمو النباتات والمحصول أو تكثر بها جينات نقص الكلوروفيل. هذا.. إلاّ أن

الهجن التى تنتج من تلقيح تلك السلالات معًا تتميز بكل من قوة النمو وتجانسه (Smith & Crowther ١٩٩٥، و De Clercq وآخرون ٢٠٠٣).

الانتخاب الإجمالى

يتفق الباحثون على أنه نظرًا لأن الكرات أبوشوشة رباعى التضاعف.. فإنه يتطلب أن يظل على درجة عالية من الخلط الوراثى Heterozygosity؛ ليبقى نموه قويًا؛ ولهذا السبب.. فإن تحسين المحصول بإنتاج الهجن تواجهه مشكلات كبيرة، تتعلق بالتدهور السريع والكبير، الذى يحدث فى قوة نمو السلالات المرباة تربية داخلية، التى تلزم لإنتاج الهجن. ويحدث ذلك لأن المحصول يحمل كثيرًا من الجينات المتنحية الضارة، التى لا يظهر تأثيرها بسبب الحالة الرباعية للنبات، والتى تقلل من فرص تواجد هذه الجينات بحالة أصيلة؛ لذا.. فإن التربية بطريقة الانتخاب الإجمالى تعد أفضل وسيلة لتحسين المحصول.

إنتاج الهجن

انتشرت زراعة أصناف الكرات الهجين نظرًا لارتفاع محصولها وزيادة تجانسها عما فى الأصناف المفتوحة التلقيح. وتُعد تلك الهجن بمثابة "هجن تقريبًا" أو near hydrids، نظرًا لأن جميع سلالات الآباء المستخدمة ليست كاملة التربية الداخلية. ويُستخدم فى إنتاج البذرة الهجين سلالة عقيمة الذكر اكتُشفت فى المملكة المتحدة. وكان أول صنف هجين هو Carlton F1، وكان ناتج تهجين بين السلالة العقيمة الذكر الطبيعية وصنف تجارى مفتوح التلقيح. وتبع ذلك إنتاج عديد من الأصناف الهجين الأخرى التى استُخدم فى إنتاجها أمهات منتخبة محسنة.

ونظرًا لعدم توفر سلالات ذات عقم ذكرى وراثى سيتوبلازمى يمكن استخدامها فى إنتاج الهجن، فقد اتجهت الدراسات نحو محاولة نقل تلك الصفة من البصل أو الشيف إلى الكرات بتقنية دمج البروتوبلاست (عن De Clercq & van Bockstaele ٢٠٠٢).

الأصناف المخلَّقة (التركيبية)

يمكن إنتاج سلالات خضرية Clones من الكرات من البلابل الزهرية topsets والنبيتات plantlets التى تتكون فى النورة، أو بواسطة الفصوص القاعدية التى تتكون بعد تكوين الشمراخ الزهرى، أو إكثارها فى البيئة الصناعية *in vitro* باستعمال الساق القرصية أو الشمراخ الزهرى أو النورة كـ explants. تُظهر هذه السلالات تجانسًا موروفولوجيًّا. ولزيادة التجانس الموروفولوجى فى الأصناف التى تُنتج باستعمالها — مع الإبقاء على حالة الخلط الوراثى heterozygostity فى العشائر الجديدة — كان الاتجاه نحو إنتاج أصناف مُخلَّقة synthetic بتهجين متعدد polycross بالتلقيح الخطى بين السلالات الخضرية المكثرة سواء أتم الإكثار بالبلابل الزهرية أم فى مزارع الأنسجة. وتكون أصناف الجيل الأول المخلق S_1 synthetic المتحصل عليها من نفس سلالات الأمهات الخضرية.. تكون متماثلة تمامًا تقريبًا nearly identical فى الصفات الخضرية، مثل: النمو القائم، ولون الأوراق، ووقت الإزهار (عن De Clercq & van Bockstaele ٢٠٠٢).

هذا إلاّ إن الإصابة بفيرس تخطيط الكرات الأصفر يمكن أن تُشكِّل مشكلة فى حالات الإكثار الخضرى (عن Pink ١٩٩٣).

ومن الصفات المرغوبة فى الكرات أبوشوشة الساق الكاذبة shank الطويلة مع الأوراق القصيرة؛ الأمر الذى وُجد فى الصنف Trés Long de Serbie. وقد وُجد أن صفة الورقة القصيرة يتحكم فيها جينات رئيسية، بينما يتحكم فى عرض الورقة جينات ثانوية.

وراثة الصفات

يحمل الكرات ما بين ٧، و ١٤ جينًا متنحيًّا تتحكم فى نقص الكلوروفيل، لكن تأثيرها لا يظهر فى العشائر المفتوحة التلقيح لكونه رباعى التضاعف. وتفسِّر تلك الطفرات الضعف الشديد الذى يظهر فى قوة نمو الكرات عند تربيته داخليًّا.

ويتميز الكرات بضعف حالات الانعزالات الوراثية فيه نظرًا لموقع الكيازمات الطرفى الذى تكون عليها كروموسوماته؛ بما يعنى احتفاظ الجزء الأكبر من كل كروموسوم بما يحمله من جينات من جيل لآخر؛ ويعطى ذلك الكرات الثبات الوراثى الضرورى عند إكثاره جنسيًّا.

وتحتوى بعض خلايا الكرات على ما يُعرف باسم كروموسومات بى B chromosomes. وقد وجد أن البذور التى تحتوى نسبة عالية من خلاياها (٦٢٪–٨٦٪) على تلك الكروموسومات تنبت أسرع جوهريًّا عن البذور التى تحتوى نسبة أقل من خلاياها (٣٪–٤٣٪) على الـ B chromosomes (Pink ١٩٩٣).

وقد تباينت درجات التوريث على النطاق العريض حسب الصفة المقيسة؛ فكانت ٠,٤٥ لصفة طول الساق الكاذبة، و٠,٣٠ لطول الورقة، و٠,٢١ لعرض الورقة، ووجد ارتباط موجب ضعيف بين صفتى طول الساق الكاذبة وطول الورقة (عن Pink ١٩٩٣).

أهداف التربية

إن من أهم أهداف التربية فى الكرات، ما يلى:

١– زيادة المحصول، وخلو النبات من البصلة.

٢– زيادة القدرة على تحمل الصقيع (فى المناطق الباردة).

٣– مقاومة الحنبطة.

٤– الأوراق الخضراء القاتمة اللون (نصل الورقة flag).

٥– المقاومة للصدأ،

٦– المقاومة لفيرس تخطيط الكرات الأصفر leek yellow stripe virus.

٧– الساق الكاذبة (shaft) الطويلة، خاصة فى أصناف التصنيع.

٨– زيادة التجانس (عن Pink ١٩٩٣).

التربية لمقاومة الأمراض

مقاومة الصدأ

أُجرى تقييم شمل ٢٢ صنفًا وسلالة لمقاومة الفطر *Puccinia allii* مسبب مرض الصدأ، ووجد أن أقلها إصابة كان الصنف Profina وسلالة التربية AP 88015 (Smith & Crowther ١٩٩٢).

وقد تباينت أصناف الكرات فى سرعة ظهور أعراض الإصابة بالصدأ الذى يُسببه الفطر *P. allii*؛ فبعضها يكون سريع، وبعضها الآخر بطئ فى ظهور الأعراض. كما أن بعض الأصناف تكون أكثر قابلية للإصابة فى مرحلة النمو المبكر مثل Albana، وبعضها الآخر يكون أكثر قابلية للإصابة فى مراحل النمو المتأخرة مثل Cortena (De Clercq & van Bockstaele ٢٠٠٢).

مقاومة القمة البيضاء

وُجدت اختلافات جوهرية بين أصناف وسلالات الكرات التجارية والبرية فى المقاومة الجزئية للفطر *Phytophthora porri* مسبب مرض القمة البيضاء white tip (Smilde وآخرون ١٩٩٥).

ووُجد أن المقاومة للفطر *P. porri* مُسبب مرض القمة البيضاء يتحكم فيها عدد قليل من الجينات السائدة فى السلالة CGN 873243، وجينات عديدة ذات تأثير مُضيف فى السلالة PI 368351 (Smilde وآخرون ١٩٩٧).

فيرس تخطيط الكرات الأصفر

رغم أن جميع أصناف الكرات أبوشوشة التى اختُبرت مقاومتها كانت قابلة للإصابة بفيرس تخطيط الكرات الأصفر، إلاّ إنها تباينت فى شدة ظهور أعراض الإصابة عليها، كان أقلها إصابة الأصناف Autumn Giant، و Triumphatur، و Siegfried

Frost، و Winta. وقد اكتُشفت المناعة فى أربع سلالات من الكرات المصرى، واستُخدمت بالفعل فى برنامج للتربية. هذا.. إلا إنه تبين أن الكرات المصرى شديد القابلية للإصابة بالصدأ، وهى الصفة التى انتقلت إلى نسل تلقيحاته مع الكرات أبوشوشة.

وقد تبين أن صفة المقاومة للفيرس فى الكرات المصرى متنحية (Currah ١٩٨٦، و Kalloo ١٩٨٨).

الفصل العاشر

تربية بصل ويلز أو البصل اليابانى الأخضر

الموطن وتاريخ الزراعة

تنتشر زراعة بصل ويلز Welsh onion — أو البصل اليابانى الأخضر Japanese bunching onion — (وهو: *Allium fistulosum*) فى الشرق الأقصى، وخاصة فى اليابان والصين وكوريا. ويُعتقد بأن موطنه وسط وشمال غرب الصين، كما يُعتقد بأن أصله البرى *A. altaicum*.

وكان بصل ويلز قد انتقلت زراعته إلى أوروبا فى العصور الوسطى من خلال ألمانيا التى أُعطى فيها الاسم "welsche"، وهى الكلمة التى ترجمتها "أجنبى" (Ford-Lloyd & Armstrong ١٩٩٣).

السيتولوجى

إن العدد الأساسى للكروموسومات فى البصل اليابانى الأخضر هو ٨، وهو نبات ثنائى التضاعف فيه ٢ن = ١٦، وأحجام الكروموسومات فيه كبيرة نسبيًّا.

ونظرًا لأن تكوين الكيازمات فى كروموسومات البصل اليابانى الأخضر يكون غالبًا طرفيًّا، فإن جميع الجينات التى تُحمل على الذراع الكروموسومى تورث معًا كجين سوبر supergene؛ بسبب عدم حدوث انعزال وراثى فى تلك الحالات (Ford – Lloyd & Armstrong ١٩٩٣).

الإزهار

البصل اليابانى الأخضر نبات عشبى معمر.

يحتاج النبات للارتباع لكى يُزهر، ومتطلبات الارتباع هى التعرض لحرارة تقل عن

١٣ ْم عندما يكون بالبادرة أكثر من ١٢ ورقة، أو عندما يزيد قطر ساقها الكاذبة عن ٧ مم. ومع الحرارة المنخفضة يلزم التعرض لنهار قصير.

النبات متوافق ذاتيًّا، ويتلقح حشريًّا بنسبة عالية من التلقيح الخلطى.

التهجينات النوعية

يمكن تهجين البصل مع البصل اليابانى الأخضر وإنتاج البذرة الهجين، على الرغم من أن معدل إنتاج البذرة الهجين لا يكون عاليًا. وهذا على الرغم من أن النوع *A. wakegi* قد ثبت أنه نشأ من تلقيح بين *A. fistulosum* كأم، و *A. cepa* var. *ascalonicum* (وهو الشالوت shallot) كأب.

وكان Jones & Mann قد لقحا البصل اليابانى الأخضر والبصل معًا وأنتجا الهجين Belsville Bunching.

ومن السهل إجراء التهجين بين *A. fistulosum*، و *A. altaicum* (Ford-Lloyd & Armstrong ١٩٩٣).

العقم الذكرى

اكتُشف العقم الذكرى السيتوبلازمى فى البصل اليابانى الأخضر منذ عام ١٩٧٠، وهى صفة يتحكم فيها جينين نوويين وعامل S السيتوبلازمى، واستُخدمت الظاهرة فى إنتاج هجن تجارية (Ford- Lloyd & Armstrong ١٩٩٣).

وأمكن التعرف على واسمتى SCAR يمكن بهما التعرف على ما إذا كان سيتوبلازم *A. fistulosum* عقيم الذكر (S) أم طبيعى (N) (Gao وآخرون ٢٠١٥).

جينات البصل اليابانى الأخضر الهامة

من بين الجينات الهامة التى تتوفر فى البصل اليابانى الأخضر والتى يمكن نقلها إلى البصل جينات: المقاومة للجذر الوردى (*Pyrenochaeta terrestris*)، والمقاومة لذبابة البصل، والمقاومة لفطر البوتريتس، والمحتوى العالى للمادة الجافة (Ford-Lloyd & Armstrong ١٩٩٣).

الفصل الحادى عشر

تربية الشـيف

تعريف بالشيف

يُعرف الشيف chive بالاسم العلمى *Allium schoenoprasum*، وهو يتبع للقسم schoenoprasum من الجنس *Allium*. ومن الأنواع المحصولية الهامة الأخرى التى تتبع نفس القسم section كلاًّ من البصل *A. cepa*، والبصل اليابانى الأخضر *A. fistulosum*، والشالوت *A. scalonicum*.

تُستخدم أوراق الشيف منذ بدايات العصور الوسطى كتوابل مشهية فى الشوربات والطعام المطهى والسلطات.

ويرجع الطعم الحار بالشيف لمحتواه من زيت الثوم.

وقد تناول Tatlioglu (١٩٩٣) موضوع وراثة وتربية الشيف، وهو المرجع الذى اعتمدنا عليه بصفة أساسية فى عرض هذا الفصل.

الموطن وتاريخ الزراعة

ينمو الشيف فى كلٍ من آسيا وأوروبا وأمريكا الشمالية، بما فى ذلك المناطق القطبية arctic. ويُعتقد أنه انتقل من وسط آسيا أو حوض البحر الأبيض المتوسط وانتشر عبر أوروبا حتى خط عرض ٧٠° شمالاً، وعبر وسط شرق آسيا وشمالها، وكذلك عبر أمريكا الشمالية حتى المنطقة القطبية، وذلك كنبات برىّ. أما الطراز المستأنس فيبدو أنه ظهر وانتشر فى عدة مناطق، مع وجود تباينات كثيرة وتهجينات طبيعية بين الطرز البرية والمستأنسة.

مجموعات الجيرمبلازم

نظرًا لضعف الأهمية الاقتصادية للشيف فإن ذلك انعكس على أعداد السلالات المحتفظ بها فى بنوك الجيرمبلازم حول العالم، ومنها ٢٠ صنف وطراز برى فى بنك

الجيرمبلازم فى التشيك، وطراز برى واحد فى المملكة المتحدة، و١٥ فى ألمانيا، و٤٧ سلالة فى بنك آخر بألمانيا، و٦ فى المجر، و٨٠ فى الهند، و١٥ فى روسيا، و١٦ فى مخزن البذور الوطنى بالولايات المتحدة، و١٨ فى محطة إدخال النباتات بولاية واشنطن بالولايات المتحدة.

السيتولوجى

معظم طرز الشيف ثنائية التضاعف، وفيها ٢ن= ٢س= ١٦ كروموسوم. وتُعرف طرز رباعية التضاعف فيها ٢ن= ٤س= ٣٢.

ويحدث التهجين بسهولة بين الطرز المتباينة موروفولوجيًّا إن كانت من نفس مستوى التضاعف، ولكن التهجين بين الطرز الثنائية والرباعية التضاعف لا ينجح إلا إذا استخدمت الطُرز الرباعية كأمهات.

الوصف النباتى

الشيف نبات عشبى معمر، يُكوِّن أبصالا، ومتوافق ذاتيًّا. يتكاثر النبات خضريًا بالبصيلات التى تتكون على ريزوم قصير، وكذلك جنسيًّا بالبذور. ويفضل المزارعون الإكثار بالبذور للحد من الإصابات الفيروسية.

الأزهار أرجوانية تُنتج الرحيق وتنتثر منها حبوب اللقاح مثل استعداد مياسمها لاستقبالها؛ أى إنها protandrous. تتجمع الأزهار فى نورات جاذبة للحشرات.

تتماثل زهرة الشيف مع زهرة البصل. تنضج الأسدية الثلاث الداخلية قبل الثلاث الخارجية. ويتباين عدد الأزهار فى النورة من ١٠ إلى ٥٠، وتتفتح الأزهار التى فى وسط النورة أسرع من تفتح الأزهار الخارجية.

طريقة إجراء التلقيحات

لإجراء التلقيحات الفردية يمكن خصى أزهار الأمهات بإزالة المتوك سريعًا بعد تفتح الزهرة باستعمال ملقط، ويكون الميسم مستعدًا لاستقبال حبوب اللقاح بعد نحو ٢–٣ أيام

من الخصى. ويمكن نقل حبوب لقاح النبات الأب لميسم زهرة الأم باستعمال فرشاة رسم، أو بحك أزهار النبات الأب على ميسم الزهرة المخصية. وتجب حماية النورة التى يُراد تلقيحها من حبوب اللقاح الغريبة بكيس مانع للحشرات يسمح بالتهوية، وذلك من قبل الخصى بنحو ٢–٣ أيام إلى ما بعده بأسبوع. وإذا كانت الأمهات عقيمة الذكر فإنه يمكن الجمع بين الأبوين داخل قفص مانع للحشرات. ويمكن نقل اللقاح بحك أزهار الأبوين معًا، ولكن يفضل وضع عذارى ذباب داخل القفص. ويمكن إجراء التلقيح الذاتى بنفس هذه الطريقة كذلك (عن Tatlioglu ١٩٩٣).

العقم الذكرى

يُعرف بالشيف نظام للعقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى، فيه يكون جينوم الميتوكوندريا (mt) إما عقيم الذكر S أو خصب N، مع وجود ثلاثة جينات بالنواة، هى: الجين السائد X الذى يستعيد حالة الخصوبة فى حالات السيتوبلازم عقيم الذكر S؛ بما يعنى أن التركيب الوراثى الوحيد عقيم الذكر يكون هو Sxx. ويعمل جين آخر هو جين الحرارة العالية السائد T على استعادة الخصوبة، ولكن — فقط — فى ظروف الحرارة العالية التى تزيد عن ٢٤ °م. ويعنى ذلك أن النباتات عقيمة الذكر الحساسة للحرارة تكون بتركيب وراثى SxxTt أو SxxTT. أما الجين الثالث فهو المتنحى a، وهو مسئول عن الحساسية للتتراسيكلين فى النباتات عقيمة الذكر. وتُصبح النباتات عقيمة الذكر ذات التركيب الوراثى Sxxaa الحساسة للتتراسيكلين خصبة الذكر عقب معاملتها بالتتراسيكلين. كذلك فإن الخصوبة التى تحدث فى الحرارة العالية تُعكس هى الأخرى.

وتعرف أنظمة أخرى للعقم الذكرى فى الشيف (عن Tatlioglu ١٩٩٣).

وراثة الصفات

وجد أن جين واحد — أو ربما عدد من الجينات — تمنع تكوين الأبصال وتحفز

تكوين الخلفات الجانبية فى الشالوت (وهو نبات قريب من الشيف)، وأنها ربما تكون محمولة على الكروموسوم 5 A (Masuzaki وآخرون ٢٠٠٧).

وقد قُدرت درجة التوريث على النطاق العريض لعدد من صفات الشيف الهامة، وكانت كما يلى:

القطر الكبير للورقة: ٠,٨١ محصول الأوراق: ٠,٧٧

طول الورقة: ٠,٧٦ القطر الصغير للورقة: ٠,٦٩

كما دُرس الارتباط الوراثى بين عدد من الصفات، وكان كما يلى:

محصول الأوراق وطول النبات: ٠,٧١

محصول الأوراق والقطر الكبير للورقة: ٠,٨٣

محصول الأوراق والقطر الصغير للورقة: ٠,٦٩

طول النبات والقطر الكبير للورقة: ٠,٧٢

طول النبات والقطر الصغير للورقة: ٠,٥٣

(عن Tatlioglu ١٩٩٣).

أهداف التربية

إن أهم أهداف التربية فى الشيف، هى: النمو المتجانس، والقدرة على إنتاج خلفات كثيرة، وقطر الورقة المناسب، وتأخر الإزهار، والنمو القائم للأوراق، والأوراق السميكة، والمحصول العالى.

وتُعد المقاومة للصدأ أحد أهداف التربية، علمًا بأنه تتوفر تباينات وراثية فى تحمل الإصابة وليس فى المقاومة. ويعد الصنف الألمانى Wilau من الأصناف المتحملة (عن Tatlioglu ١٩٩٣).

مصادر الكتاب

Abubakar, L. and S. G. Ado. 2008. Inheritance studies on resistance to purple blotch (*Alternaria porri* (Ellis) Cif.) disease in onions (*Allium cepa* L.). International Journal of Pure and Applied Sciences 2 (1): 27-32.

Alan, A. R., W. Lim, M. A. Mutschler, and E.D. Earle. 2007. Complementary strategies for ploidy manipulations in gynogenic onion (*Allium cepa* L.). Plant Science 173: 25-31.

Astley, D. 1990. Conservation of genetic resources, pp. 177-198. In: H.D. Rabinowitch and J. L. Brewster (eds). Onions and allied crops. Vol.1. Botany, physiology, and genetics. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

AVRDC, Asian Vegetable Research and Development Center. 1993. Garlic production from seed possible. Centerpoint 11 (2):10.

Baldwin, S. et al. 2014. Gentic analysis of bolting in bulb onion (*Allium cepa* L.). Theo. App. Gen. 127 (3): 535-547.

Bang, H. et al. 2011. Development of simple PCR-based markers linked to the Ms locus, a restorer-of-fertility gene in onion (*Allium cepa* L.). Euphytica 179: 439-449.

Bang, H., S. Kim, S.O. Park, K. S. Yoo, and B. S. Patil. 2013. Development of a codominant CAPS marker linked to the Ms locus controlling fertility restoration in onion (*Allium cepa* L.). Sci. Hort. 153: 42-49.

Bansal, R. K. and P.G. Broadhurst. 1992. An evaluation of *Allium* germplasm for resistance to white rot caused by *Sclerotium cepivorum*. 20 (3): 361-365.

Barboza, K. et al. 2020. Assessment of genetic diversity and population structure in a garlic (*Allium sativum* L.) germplasm collection varying in bulb content of pyruvate, phenolics, and solids. Sci. Hort. 261.

Batchvarov, S. 1993 Garlic *Allium sativum* L., pp. 15-27. In: G. Kaloo and B.O. Bergh (eds.). Genetic improvement of vegetable crops. Pergamon Pr., Oxford.

Bisht, I. S. and T.A. Thomas. 1992. Field screening of garlic germplasm against purple blotch and *Stemphylium* blight. Indian Phytopathol. 45 (2): 244-245.

Bohanec, B. 2002. Doubled-haploid onions, pp. 145-157. In: H.D. Rabinowitch and L. Currah (eds). Allium crop science: recent advances. Wallingford, UK.

Bohanec, B., M. Jakse, and M. J. Havey. 2003. Genetic analysis of gynogenetic haploid production in onion. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128 (4): 571-574.

Bressan, R. A. et al. 1981. Inheritance of resistance to sulfur dioxide in cucumber. HortScience. 16: 332-333.

Brewster, J. L. 1994. Onions and other vegetable Alliums. CAB International, Wallingford, UK. 236 pp.

Butteveld, J. et al. 1995. Production and characterization of somatic hybrid plants between leek (*Allium ampeloprasum* L.) and onion (*Allium cepa* L.). Theoretical and Applied Genetics 96 (6/7): 765-775.

Cavagnaro, P. F. and C.R. Galmarini. 2007. Garlic, pp. 349-364. In: C. Kole (ed.). Genome mapping and molecular breeding in plants. Vol. 5. Vegetables. Springer-Verlog, Berlin.

Chang, W. N. and B. E. Struckmeyer. 1976. Influence of temperature, time of day, and flower age on pollen germination, stigma receptivity, pollen tube growth, and fruit set of *Allium cepa* L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 81-83.

Coleman, P. M., L.A. Ellerbrock, and J.W. Lorbeer. 1997. Reaction of selected onion cultigens to pink root under field conditions in New York. Plant Dis. 81 (2): 138-142.

Cramer, C. S. 2000. Breeding and genetics of fusarium basal rot resistance in onion. Euphytica 115 (3): 159-166.

Cramer, C. S. and M.J. Havey. 1999. Morphological, biochemical, and molecular markers in onion. HortScience 34 (4): 589-593.

Cramer, C. S., N. Singh, N. Kamal, and H.R. Pappu. 2014. Screening onion plant introduction accessions for tolerance to onion thrips and iris yellow spot. HortScience 49 (10): 1253-1261.

Currah, L. 1986. Leek breeding: a review. J. Hort. Sci. 61: 407-415.

Currah, L. 1990. Pollination biology, pp.135-149. In: H.D. Rabinowitch and J. L. Brewster (eds). Onions and allied crops. Vol.1. Botany, physiology, and genetics. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Damon, S. J., R.L. Groves, and M.J. Havey. 2014. Variation for epicuticular waxes on onion foliage and impacts on numbers of onion thrips. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 139 (4): 495-501.

D’Angelo, C. J. and I. L. Goldman. 2019. Annualization of the long day onion breeding cycle through threshold vernalization and dormancy disruption. Crop Breeding Genetics and Genomics. The Internet.

D’Angelo, C. J. and I. L. Goldman. 2019. Breeding onion bulb endodormancy with hydrogen peroxide. HortScience 54 (10): 1694-1702.

De Clercq, H. and E. van Bockstoele. 2002. Leek: advances in agronomy and breeding, pp. 431-458. In: H. D. Rabinowitch and L. Currah (eds.) *Allium* crop science: recent advances. CAB International, Wallingford, UK.

De Clercq, H., J. Baert, and E. van Bockstaele. 1999. Breeding potential of Belgian landraces of leek (*Allium ampeloprasum* L. var. *porrum*). Euphytica 106: 101-109.

De Clercq, H., D. Peusens, I. Roldán-Ruiz, and E. van Bockstaele. 2003. Causal relationships between inbreeding, seed characteristics and plant performance in leek (*Allium porrum* L.). Euphytica 134: 103-115.

De Vries, J. N. and W. A. Wietsma. 1992. *Allium roylei* Stearn restores cytoplasmic male sterility of Rijnsburger onion (*A. cepa* L.). J. Genet. Breeding 46 (4): 379-381.

De Vries, J. N., W. A. Wietsma, and T. De Vries. 1992a. Introgression of leaf blight resistance from *Allium roylei* Stearn into onion (*A. cepa* L.). Euphytica 62: 127-133.

De Vries, J. N., W. A. Wietsma, and M. C. Jongerius 1992b. Linkage of downy mildew resistance genes Pd_1 and Pd_2 from *Allium roylei* Stearn in progeny of its interspecific hybrid with onion (*A. cepa* L.) Euphytica 64: 131-137.

Dhanya, V. S., H. V. Shetty, R. V. Gowda, and D. C. L. Reddy. 2014. Screening of molecular marker linked to male sterility in onion (*Allium cepa* L.) genotypes and its validation. Plant Archives 14 (1): 301-305.

Dixit, V. and B. R. Chaudhary. 2014. Colchicine-induced tetraploidy in garlic (*Allium sativum* L.) and its effect on allicin concentration. J. Hort. Sci. Biotechnol. 89 (5): 585-591.

Dowker, B. D. 1990. Onion breeding, pp. 215-232. In: H. D. Rabinowitch and J. L. Brewster (eds). Onion and allied crops. Vol. 1. Botany, physiology, and genetics. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Duvick, D. N. 1966. Influence of morphology and sterility on breeding methodology, pp. 85-138. In: K. J. Frey (ed.). Plant breeding. Iowa state University Press, Ames, Iowa.

Eady, C. C. et al. 2008. Silencing onion lachrymatory factor synthase causes a significant change in the sulfur secondary metabolite profile. Plant Physiol. 147: 2097-2106.

Eady, C. C. 2002. Genetic transformation of onions, pp. 119-144. In: H. D. Rabinowitch and L. Currah (eds). Allium crop science: recent advances. Wallingford, UK.

Elgammal, M. M. 1971. Studies on the inheritance of resistance to white rot disease and other characters in *Allium* spp. Ph. D. Thesis, Cairo Univ. 123 pp.

El-Shafie, M. W. and G. N. Davis. 1967. Inheritance of bulb color in the onion (*Allium cepa* L.). Hilgrida 38 (17): 607-622.

Engle, L. M. 1996. Allium genetic resources network for southeast Asia. TVIS Newsletter, AVRDC 1 (1): 24-25.

Etoh, T. True seeds in garlic . Acta Hort. No. 433: 247-255.

Etoh, T. and C. J. Hong. 2001. RAPD markers for fertile garlic. Acta Hort. No. 555: 209-212.

Etoh, T. and P. W. Simon. 2002. Diversity, fertility and seed production of garlic, pp. 101-117. In: H. D. Rabinowitch and L. Currah (eds). Allium crop science: recent advances. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Etoh, T., Y. Sakai, and T. Johjima. 1992. Peroxidase isozymes in various cultivars of leek and kurrat. Memoirs of the Fac. Agr., Kagoshima Univ. 28: 75-82.

Figliuolo, G. and D. di Stefano. 2007. Is single bulb producing garlic *Allium sativum* or *Allium ampeloprasum*?. Sci. Hort. 114: 243-249.

Ford-Lloyd, B. and S. J. Armstrong. 1993. Welsh onion *Allium fistulosum* L., pp. 51-58. In: G. Kallo and B. O. Bergh (eds.). Genetic improvement of vegetable crops. Pergamon Pr., Oxford.

Fritsch, R. M. and N. Friesen. 2002. Evolution, domestication and taxonomy, pp. 5-30. In: H. D. Rabinowitch and L. Currah (eds). Allium crop science: recent advances. Wallingford, UK.

Galdón, B. R. et al. 2008. Comparison of mineral and trace element contents in onion cultivars (*Allium cepa* L.). J. Sci. Food Agr. 88 (9): 1554-1561.

Galván, G. A., W. A. Wiestma, S. Putrasemedja, A. H. Permadi, and C. Kik. 1997. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. Euphytica 95: 173-178.

Gantait, S., N. Mandal, and P. K. Das. 2010. An overview on *in vitro* culture of genus *Allium*. Am. J. Plant Physiol. 5: 325-337.

Gao, L. M. et al. 2015. Development of SCAR markers to distinguish mal-sterile and normal cytoplasm in bunching onion (*Allium fistulosum* L.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 90 (1): 57-62.

Gimenez, M. D. and S. G. Lampasona. 2018. Before-after analysis of genetic and epigenetic markers in garlic: a 13-year experiment. Sci. Hort. 240: 23-28.

Goldman, I. L., G. Schroeck, and M. J. Havey. 2001. History of public onion breeding programs in the United States. Plant Breeding Reviews 20: 67-103.

Gokce, A. F., J. McCallum, Y. Sato, and M. J. Havey. 2002a. Molecular tagging of the Ms locus in onion. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127 (4): 576-582.

Gokce, A. F. and M. J. Havey. 2002b. Linkage equilibrium among tightly linked RFLPs and the Ms locus in open-pollinated onion populations. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127 (6): 944-946.

Gutierrez, J. A., R. Molina-Bravo, and C. S. Cramer. 2006. Screening winter-sown, intermediate-day onion cultivars for resistance to fusarium basal rot. HortTechnology 16 (1): 177-181.

Hamilton, B. K, et al. 1999. Heritability of thrips resistance in the IPA-3 onion cultivar in South Texas. Euphytica 109 (2): 117-122.

Hanlet, P. 1990. Taxonomy, evolution, and history, pp. 20-26. In: H. D. Rabinowitch and J. L. Brewster (eds). Onions and allied crops: Vol.1 Botany, physiology, and genetics. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Havey, M. J. 1993. Onion *Allium cipa* L., pp. 35-49. In: G. Kalloo and B. O. Bergh (eds.). Gentic improvement of vegetable crops. Pergamon Pr., Oxford.

Havey, M. J. 1999. Seed yield, floral morphology, and lack of male-fertility restoration of male-sterile onion (*Allium cepa*) populations possessing the cytoplasm of *Allium galanthum*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124 (6): 626-629.

Havey, M. J. 2000. Diversity among male-sterility-inducing and male-fertile cytoplasms of onion. Theor. Appl. Genet. 101 (5/6): 778-782.

Havey, M. J. and C. von Kohn. 2017. Efficacy of molecular markers Jnurf13 and AcPms1 for prediction of genotypes at the nuclear Ms locus in three open-pollinated populations of onion from North America. HortScience 52 (8): 1052-1053.

Hawthorn, L. R. and L. H. Pollard. 1954. Vegetable and flower seed production. The Blakiston Co., Inc., N. Y. 626 pp.

Heggestad, H. E. and W. W. Heck. 1971. Nature, extent, and variation of plant response to air pollutants. Adv. Agron. 23: 111-145.

Hiller, L. K. and J. L. Weigle. 1970. Differential tolerance of several inbreds of onion *Allium cepa* L. to certain herbicides. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 105-107.

Hole, C. C., R. L. K. Drew, and D. Gray. 2002. Skin characteristics and quality of onion cultivars given different nitrogen and irrigation treatments. J. Hort. Sci. Biotechnol. 77 (2): 191-199.

Hovius, M. H. Y., I. L. Godlman, and K.L. Parkin. 2005. Flavor precursor [S-alk (en)yl-L-cysteine sulfoxide] concentration and composition in onion plant organs and predictability of field white rot reaction of onions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130 (2): 196-202.

Hovius, M. H. Y. and I. L. Goldman. 2004. Evaluation of long-day onions for resistance to white rot infection using greenhouse and laboratory techniques. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129 (2): 258-265.

Hunger, S. A., K. L. McLean, C. C. Eady, and A. Stewart. 2002. Seedling infection assay for resistance to *Sclerotium cepviorum* in *Allium* species. N. Z. Plant Prot. 55: 193-196.

Huo, Y. M., B. J. Liu, Y. Y. Yang, and J. Miao. 2015. AcSKP1, a multiplex PCR-based co-dominant marker in complete linkage disequilibrium with the male-fertility restoration (Ms) locus, and its application in open-pollinated populations of onion. Euphytica 204 (3): 711-722.

Hyde, P. T. et al. 2014. Evaluation of onion (*Allium cepa* L.) lines and hybrids possessing Bs 1 for resistance against multiple isolates of *Botrytis squamosa*. Crop. Sci. 55 (1): 136-145.

Hyde, P. T., E. D. Earle, and M. A. Mutschler. 2012. Doubled haploid onion (*Allium cepa* L.) lines and their impact on hybrid performance. HortScience 47 (12): 1690-1695.

Ipek, M. and A. Ipek. 2007. Characterization of an unusual cytoplasmic chimera detechted in bolting garlic clones. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132.

Jenderek, M. M. and R. M. Hannan. 2004. Variation in reproductive characteristics and seed production in the USDA garlic germplasm collection. HortScience 39 (3): 485-488.

Jones, J. A. 1937. Onion improvement, pp. 233- 250. In: United States Department of Agriculture: Yearbook of Agriculture. Better plants and animals II. Wash., D. C.

Jones, R. N. 1990. Cytogenetics, pp. 199-214. In: H. D. Rabinowitch and J. L. Brewster (eds). Onions and allied crops. Vol.1. Botany, physiology, and genetics . CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Jones, H. A. and L. K. Mann. 1963. Onion and their allies. Interscience Pub., Inc., N. Y. 286 pp.

Kalloo. 1988. Vegetable breeding. Vol. II. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 213 pp.

Kamal, N. and C. S. Cramer. 2018. Selection progress for resistance to iris yellow spot in onions. HortScience 53 (8): 1088-1094.

Karar, H. et al. Relative susceptibility of onion (*Allium cepa*) genotypes of Pakiston to onion thrips (*Thrips tabaci*) (Thysanoptera: Thripidae). Pak. J. Agr. Sci. 50 (3): 351-357.

Keller, E. R. J. 2002. Cryopreservation of *Allium sativum* L. (Garlic), pp. 37-47. In: L. E. Towill and Y. P. S. Bajaj (Eds.). Biochemistry in agriculture and forestry. Vol. 50 Cryopreservation of plant germplasm II. Springer-Verlag, Berlin.

Khan, S. A., M. Majad, and A. Khan. 2001. The extent of inbreeding depression in seven cultivars of onion (*Allium cepa* L.). Int. J. Agr. Biol. 3 (4): 498-500.

Khandagale, K. and S. Gawande. 2019. Genetics of bulb colour variation and flavonoids in onion. J. Hort. Sci. Biotechnol. 94 (4): 522-532.

Khar, A., J. Jakse, and M. J. Havey. 2008. Segregations for onion Bulb colors reveal that red is controlled by at least three loci. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133 (1): 42-47.

Khosa, J. S., J. McCallum, A. S. Dhatt, and R. C. Macknight. 2016. Enhancing onion breeding using molecular tools. Plant Breeding 135: 9-20.

Khrustaleva, L. I. and C. Kik. 2000. Introgression of *Allium fistulosum* into *A. cepa* mediated by *A. roylei*. Theor. Appl. Genet. 100 (1): 17-26.

Kik, C. 2008. *Allium* genetic resources with particular refence to onion. Acta Hort. No. 770: 135-138.

Kim, B. and S. Kim. 2019. Development of Molecular markers for distinquishing onion (*Allium cepa* L.) and Welsh onion (*A. fistulosum* L.) based on polymorphic mitochondrial genome sequences. Plant Breed. Biotechnol. 7 (2): 151-160.

Kim, B., Y. Cho, and S. Kim. 2017. Identification of a noval DFR-A mutant allele determining the bulb color difference between red and yellow onions (*Allium cepa* L.). Plant Breed. Biotechnol. 5 (1): 45-53.

Kim, B and S. Kim. 2019. Identification of a variant of CMS-T cytoplasm and development of high resolution melting markers for distinguishing cytoplasm types and genotyping a restorer-of-fertility locus in onion (*Allium cepa* L.). Euphytica 215: 164.

Kim, S., H. Bang, K. S. Yoo, and L. M. Pike. 2006. Identification of the fourth allele of the ANS (anthocyanidin synthase) gene and its effect on red color intensity in onions (*Allium cepa*). Euphytica 149 (1-2): 45-51.

Kim, S., H. Bang, K. S. Yoo, and L. M. Pike. 2007. Marker-assisted genotype analysis of bulb colors in segregating population of onions (*Allium cepa*). Mol. Cells 23 (2): 192-197.

Kim, S., C. W. Kim, M. S. Choi, and S. Kim. 2016. Development of a simple PCR marker tagging the *Allium roylei* fragment harboring resistance to downy mildew (*Peronospora destructor*) in onion (*Allium cepa* L.). Euphytica 208 (3): 561-569.

Klaas, M. and N. Friesen. 2002. Molecular markers in Allium, pp. 159-185. In: H.D. Rabinowitch and L. Currah (eds). Allium crop science: recent advances. Wallingford, UK.

Ko, S. S. et al. 2002. Evaluation of onion cultivars for resistance to *Aspergillus niger*, the causal agent of black mold. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127 (4): 697-702.

Kwan, S. C., A. R. Hamson, and W. F. Campbell. 1969a. The effects of different chemicals on pollen germination and tube growth in *Allium cepa* L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 561-562.

Kwan, S. C., A. R. Hamson, and W. F. Campbell. 1969b. Storage conditions for *Allium cepa* L. pollen. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 569-570.

Lin, M. W., J. F. Watson, and J. R. Baggett. 1995. Inheritance of soluble solids and pyruvic acid content of bulb onions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120 (1): 119-122.

Lin, M. W., J. F. Watson, and J. R. Baggett. 1995. Inheritance of resistace to neck-rot disease incited by *Botrytis allii* in bulb onions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120 (2): 297-299.

Liu, M. et al. 2017. Effects of multiple factors on hyperhydricity of *Allium sativum* L. Sci. Hort. 217: 285-296.

Llamas, D. P. et al. 2013. The effects of storage duration, temperature and cultivar on the severity of garlic clove rot caused by *Fusarium proliferatum*. Postharvest Biol. Technol. 78: 34-39.

Lorbeer, J., C. H. Petzolt, and T. W. Walters. 2001. Integrated pest management of botrytis leaf blight of onion. Acta Hort. No. 555: 129-132.

Lot, H. et al. 2001. Resostance to onion yellow dwarf virus and leek yellow stripe virus found in a firtle garlic clone. Acta Hort. No. 555: 243-246.

Mann, L. P. and G. W. Woodbury. 1969. The effect of flower age, time of day and variety on pollen germination of onion, *Allium cepa* L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 102-104.

Marey, R. A. and M. G. Morsy. 2010. Performance and genetic parameters for some Egyptian onion genotypes evaluated under Sohag conditions. J. Plant Prod. Mansoura Univ. 1 (8): 1153-1163.

Masuzaki, S., S. Yaguchi, N. Yamauchi, and M. Shigyo. 2007. Morphological characterisation of multiple alien addition lines of *Allium* reveals the chromosomal locations of gene(s) related to bulb formation in *Allium cepa* L. J. Hort. Sci. Biotechnol. 82 (3): 393-396.

McCallum, J. et al. 2007. Genetic mapping of sulfur assimilation genes reveals a QTL for onion bulb pungency. Theor. Appl. Genet. 114 (5): 815-822.

McCallum, J. 2007. Onion, pp. 331-347. In: C. Kole (ed.). Genome mapping and molecular breeding in plants, vol. 5. Vegetables. Springer-Verlag, Berlin.

McCollum, G. D. 1968. Heritability and genetic correlation of soluble solids, bulb size, and shape in white sweet spanish onion. Canad. J. Genet. 10: 508-514.

McCollum, G. D. 1976. Onion and allies, pp. 186-190. In: N. W. Simmonds (ed.). Evolution of crop plants. Longman, London.

McDonald, M. R., K. Vander Kooi, B. Kornatowska, and S. Janse. 2002. Screening onion breeding lines for resistance to onion maggot (*Delia antiqua* Meigen) damage. J. Ent. Soc. Ontario 133: 53-62.

McGregor, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. USDA, Agr. Handbook No. 496. 411 pp.

Melgar, S. and M. J. Havey. 2010. The dominant Ms allele in onion shows reduced penetrance. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 135: 49-52.

Mishra, B. and R. P. Singh. 2019. Reaction of onion varieties to Stemphylium blight (*Stemphylium vesicarium*). Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 8 (4): 1875-1880.

Momura, Y. and K. Makara. 1993. Production of interspecific hybrids between rakkyo (*Allium chinense*) and some other *Allium* species by embryo rescue. Jap. J. Breeding 43 (1): 13-21.

Munaiz, E. D. and M. J. Havey. 2020. Genetic analysis of epicuticular waxes associated with glossy foliage of 'White Persian' onion. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 145 (1): 67-72.

Munaiz, E. D., R. L. Groves, and M. J. Havey. 2020. Amounts and types of epicuticular leaf waxes among onion accessions selected for reduced damage by onion thrips. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 145 (1): 30-35.

Netzer, D., H. D. Rabinowitch, and Ch. Weintal. 1985. Greenhouse technique to evaluate for resistance to pink root. Euphytica 34: 385-391.

Nomura, Y., M. Maeda, T. Tsuchiya, and K. Makara. 1994. Efficient production of interspecific hybrids between *Allium chinense* and edible *Allium* spp. through ovary culture and pollen grain storage. Breeding Science 44 (2): 151-155.

Novak, F. J. 1990. *Allium* tissue culture, pp. 233-250. In: H. D. Rabinowitch and J. L. Brewster (eds). Onion and allied crops. Vol. 1. Botany, physiology, and genetics. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Novak, F. J., L. Havel, and J. Dolezel. 1986. Onion, garlic and leek (*Allium* species), pp. 387-404. In: Y. P. S. Bajaj (ed.). Biotechnology in agriculture and forestry. Vol. 2. Crops I. Spreinger-Verlag, Berlin.

O'Garro, L. W. and L. P. Paulraj. 1997. Onion leaf blight caused by *Xanthomonas campestris*: alternative hosts and resistant onion genotypes. Plant Dis. 81: 978-982.

Ohsumi, C., A. Kojima, K. Hinata, T. Etoh, and T. Hayashi. 1993. Interspecific hybrid between *Allium cepa* and *Allium sativum*. Theor. Appl. Genet. 85 (8): 969-975.

Okamoto, D., Y. Noguchi, T. Muro, and M. Morishita. 2006. Genetic variation of quercetin glucoside content in onion (*Allium cepa* L.). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 75 (1): 100-108.

Pathak, C. S. 1997. A possible new source of male sterility in onion. Acta Hort. No. 433: 313-316.

Pathak, C. S. 2000. Hybrid seed production, pp. 89-108. In: A. S. Basra (ed.). Hybrid seed production in vegetables: rationale and methods in selected crops. Food Products Press, an imprint of the Haworth Press, Inc., N. Y.

Pathak, C. S., S. S. Ko, and S. J. Cherng. 1996. Breeding for summer stress tolerance in onion. TVIS Newsletter, AVRDC 1 (1): 19.

Pathak, C. S., L. L. Black, S. J. Cherng, T. C. Wang, and S. S. Ko. 2001. Breeding onions for stemphylium leaf blight resistance. Acta Hort. No. 555: 77-81.

Peffley, E. B. and A. Hou. 2000. Bulb-type onion introgressants possessing *Allium fistulosum* L. genes recovered from interspecific

hybrid backrrosses between *A. cepa* L. and *A. fistulosum* L. Theo. App. Gen. 100 (3/4): 528-534.

Pérez, M. R., N. Merkt, S. Zikeli, and C. Zörb. 2018. Quality aspects in open-pollinated onion varieties from Western Europe. J. Appl. Bot. Food Quality 91: 69-78.

Pike, L. M. 1986. Onion breeding, pp. 357-394. In: M. J. Bassett (ed.). Breeding vegetable crops. AVI Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Pike, L. M. 1997. Sweet onions: breeding, market and future. Acta Hort. No. 433: 105-110.

Pink, D. A. C. 1993. Leek *Allium ampeloprasum* L., pp. 29-34. In: G. Kalloo and B. O. Bergh (eds.). Genetic improvement of vegetable crops. Pergamon Pr., Oxford.

Pooler, M. R. and P. W. Simon. 1993. Garlic flowering in response to clone, photoperiod, growth temperature, and cold storage. HortScience 28 (11): 1085-1086.

Pooler, M. R. and P. W. Simon. 1994. True seed production in garlic. Sexual Plant Reproduction 7 (5): 282-286.

Purseglove, J. W. 1972. Tropical crops: monocotyledons. The English Language Book Society, London. 607 pp.

Rabinowitch, H. D. and J. L. Brewster (eds). 1990. Onions and allied crops. Vol. 1. Botany, physiology, and genetics. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 273 pp.

Rabinowitch, H. D. and L. Currah (eds). 2002. Allium crop science: recent advances. CABI Publishing, Wallingford, UK. 515 pp.

Rabinowitch, H. D., B. Friedlander, and R. Peters. 1991. Dwarf flower

stalk in onion: characterization, genetic control, and physiolotical response to ethephon and gibberellic acid. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 574-579.

Raines, S., C. Henson, and M. J. Havey. 2009. Genetic analysis of soluble carbohydrate concentrations in onion bulbs. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 134: 618-623.

Randle, W. M. 1992. Onion germplasm interacts with sulfur fertility for plant sulfur utilization and bulb pungency. Euphytica 59: 151-156.

Randle, W. M. and J. E. Lancaster. 2002. Sulphur compounds in Alliums in relation to flavor quality, pp. 329-356. In: H. D. Rabinowitch and L. Currah (eds.). *Allium* crop science: recent advances. CAB International, Wallingford, UK.

Rodriguez-Salamanca, L. and M. K. Hausbeck. 2018. Evaluating host resistance to limit *Colletotrichum coccodes* on onion. HortScience 53 (7).

Rost, T. L. et al. 1984. Botany. John Wiley & Sons, N. Y.

Salinas, M. C. and P. F. Cavagnaro. 2020. In vivo and in vitro screening for resistance against *Penicillium allii* in garlic accessions. Europ. J. Plant Pathol. 156 (1): 173-187.

Salomon, R. 2002. Virus diseases in garlic and the propagation of virus-free plants, pp. 311-327. In: H. D. Rabinowitch and L. Currah (eds). Allium crop science. CAB International, Wallingford, UK.

Sayed, A. et al. 2010. Genetic identification and estimation of genetic relationships among some onion cultivars and lines using RAPD analysis and morphological characters. Genes, Genomes and Genomics. The Internet.

Scholten, O. E. et al. 2016. SNP-markers in *Allium* species to facilitate introgression breeding in onion. BMC Plant Biol. 16: 187.

Sharma-Poudyal, D., T. C. Paulitz, and L. J. du Toit. 2015. Evaluation of onion genotypes for resistance to stunting caused by *Rhizoctonia solani* AG 8. HortScience 50 (4): 551-554.

Silva, E. M. and B. B. Dean. 2000. Effect of nectar composition and nectar concentration on honey bee (Hymenotera: Apidae) visitations to hybrid onion flowers. J. Eco. Entomol. 93 (4): 1216-1221.

Simon, P. W. 1995. Genetic analysis of pungency and soluble solids in long-storage onions. Euphytica 82: 1-8.

Singh, N. and C. S. Cramer. 2019. Improved tolerance for onion thrips and iris yellow spot in onion plant introductions after two selection cycles. Horticulturae 5 (18).

Singh, D., T. S. Dhillon, and R. S. Rajkumar. 2018. Present status and future opportunities in onion research: a review. Int. J. Chem. Stud. 6 (1): 656-665.

Smilde, W. D., M. van Nes, and K. Reinink. 1995. Resistance to *Phytophthora porri* in leek and some of its wild relatives. Euphytica 83: 131-138.

Smilde, W. D., M. van Nes, K. Reinink, and C. Kik. 1997. Genetical studies of resistance to *Phytophthora porri* in *Allium porrum*, using a new early screening method. Euphytica 93: 345-352.

Smith, B. M. and T. C. Crowther. 1992. Field assessment of the reaction of leek cultivars to leek rust. Tests of Agrochemicals and Cultivars No. 13: 104-105.

Smith, B. M. and T. C. Crowther. 1995. Inbreeding depression and single cross hybrids in leeks (*Allium ampeloprasum* ssp. *porrum*). Euphytica 86: 87-94.

Song, Y. S. et al. 2001. Detection of randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) markers related to bolting, bulb color, and clove adherent type of garlic (*Allium sativum* L.). (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 42 (3): 305-309. c.a. Plant Breeding Abstr. 71: Abst. 12726; 2001.

Steiner, J. J. and D. C. Akintobi, 1986. Effect of harvest maturity on viability of onion seed. HortScience 21: 1220-1221.

Tatlioglu, T. 1993. Chives *Allium schoenoprasum* L., pp. 3-13. In: G. Kalloo and B. O. Bergh (eds.). Genetic improvement of vegetable crops. Pergamon Pr., Oxford.

Thornton, M. K. and S. K. Mohan, 1996. Response of sweet Spanish onion cultivars and numbered hybrids to basal rot and pink root. Plant Dis. 80: 660-663.

Van der Meer, Q. P. and P. Hanlet. 1990. Leek (*Allium ampeloprasum*), pp. 179-196. In: J. L. Brewster and H. D. Rabinowitch (eds.). Onion and allied crops. Vol. III. Biochemistry, food scence, and minor crops. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Van der Meer, O. P. and J. L. Van Bennekom. 1973. Gibberellic acid as a gametocide for the common onion (*Allium cepa* L.). Euphytica 22: 239-243.

Van der Meer, O. P. and J. L. Van Bennekom. 1976. Gibberellic acid as a gametocide for the common onion (*Allium cepa* L.). II The effect of $GA_{4/7}$. Eyphytica 25: 293-296.

Van der Meer, O. P. and J. L. Van Bennekom. 1982. Gibberelins as gametocides for the common onion (*Allium cepa* L.). III. $GA_{4/7}$ and pollen viability. Euphytica 31: 503-506.

Van der Meer, Q. P. and J. N. De Vries. 1990. An interspecific cross between *Allium roylei* Stearn and *Allium cepa* L. and its backcross to *A. cepa*. Euphytica 47: 29-31.

Van der Meer, Q. P., J. L. Van Bennekom, and A. C. Van der Giessen. 1983. Screening for resistance to white rot caused by *Sclerotium cepivorum* Berk. In onions (*Allium cepa* L.) and leeks (*Allium porrum* L.). Euphytica 32: 697-701.

Van der Valk, P., S. E. de Vries, J. T. Everink, F. Verstappen, and J. N. de Vries. 1991. Pre- and post-fertilization barriers to backcrossing the interspecific hybrid between *Allium fistulosum* L. and *A. cepa* L. with *A. cepa*. Euphytica 53: 201-209.

Villanueva-Mosqueda and M. J. Havey. 2001. Genetic analysis of seed yield in onion. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126 (5): 575-578.

Voss, R. E. (ed.). 1979. Onion production in California. Univ. California, Div. Agr. Sci. Priced Pub. 4097. 49 pp.

Vu, H. Q., M. Iwata, N. Yamauchi, and M. Shigyo. 2011. Production of novel alloplasmic male sterile lines in *Allium cepa* harboring the cytoplasm from *Allium roylei*. Plant Breeding 130: 469-475.

Wako, T. et al. 2016. Mapping of quantitative trait loci for bolting time in bunching onion (*Allium fistulosum* L.). Euphytica 209 (2): 537-546.

Walker, J. C. 1965. Use of environmental factors in screening for disease resistance. Ann. Rev. Phytopathol. 3: 197-208.

Walker, J. C. 1969. Plant Pathology. McGraw Hill Book Co., N. Y. 819 pp.

Walker, S. and E. Silva. 2008. 'NuMex' sweet onions. NM State University. Cooperative Extension Service. Guide H-256. 4 p. The Internet.

Wall, A. D. and J. N. Corgan. 1999. Heritability estimates and progeny testing of phenotypic selections for soluble solids content in dehydrator onion. Euphytica 106: 7-13.

Wall, M. M. and J. N. Corgan. 1992. Relationship between pyruvate analysis and flavor perception for onion pungency determination. HortScience 27 (9): 1029-1030.

Wall, A. D. and J. N. Corgan. 1999. Heritability estimates and progeny testing of phenotypic selections for soluble solids content in dehydrator onion. Euphytica 106 (1): 7-13.

Wall, M. M., A. Mohammad, and J. N. Corgan. 1996. Heritability estimates and response to selection for the pungency and single center traits in onion. Euphytica 87: 133-139.

Wang, H., X. Li, D. Shen, Y. Oiu, and J. Song. 2014. Diversity evaluation of morphological traits and allicin content in garlic (*Allium sativum* L.) from China. Euphytica 198 (2): 243-254.

Wannamakr, M. J. and L. M. Pike. 1987. Onion responses to various salinity levels. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 49-52.

Watts, L. 1980. Flower and vegetable plant breeding. Grower Books, London. 182 pp.

Weinman, A. A. et al. 1988. Evaluation of onion germplasm for resistance to pink root and fusarium (Abst.). HortScience 23: 776.

Yamashita, K. I., Y. Hisatsune, T. Sakamoto, K. Ishizuka, and Y. Yashiro 2002. Chromosome and cytoplasm analyses of somatic hybrids between onion (*Allium cepa* L.) and garlic (*A. sativum* L.). Euphytica 125: 163-167.

Yang, Y. Y. et al. 2013. Identification of two SCAR markers co-segregated with the dominant Ms and recessive ms alleles in onion (*Allium cepa* L.). Euphytica 190 (2): 267-277.

Yanagino, T., E. Sugawara, M. Watanabe, and Y. Takahata. 2003. Production and characterization of an intespecific hybrid between leek and garlic. Theo. App. Gen. 107 (1): 1-5.

Yoo, K. S., L. Pike, K. Crosby, R. Jones, and D. Leskovar. 2006. Differences in onion pungency due to cultivars, growth environment, and bulb sizes. Sci. Hort. 110 (2): 144-149.

Yoo, K. S., L. M. Pike, B. S. Patil, and E. J. Lee. 2020. Developing sweet onions by recurrent selection in a short-day onion breeding program. Sci. Hort. 266.

المؤلف فى سطور



دكتور أحمد عبد المنعم حسن – أستاذ الخضر المتفرغ بكلية الزراعة، جامعة القاهرة – من مواليد محافظة البحيرة – جمهورية مصر العربية - ١٩٤٢.

حصل على البكالوريوس من جامعة الإسكندرية بتقدير ممتاز مع مرتبة الشرف الأولى عام ١٩٦٢، والماجستير من جامعة ولاية نورث كارولينا ١٩٦٦، والدكتوراه من جامعة كورنل بالولايات المتحدة ١٩٧٠.

عمل بالتدريس وإجراء الأبحاث العلمية فى جامعات القاهرة، والإسكندرية، وبغداد، والإمارات العربية المتحدة.

أشرف على عديد من طلبة الدراسات العليا فى جامعات القاهرة، وعين شمس، وبغداد، وشارك فى مناقشة عديد من رسائل الماجستير والدكتوراه، وفى تقييم المتقدمين للترقيات العلمية فى عديد من الجامعات المصرية والعربية.

عضو عديد من اللجان والجمعيات العلمية المحلية والعالمية.

له ٧٥ مؤلفًا علميًّا وأكثر من ٩٠ بحثًا علميًّا منشورة فى الدوريات العلمية المحلية والعالمية، إضافة إلى حوالى ٢٧ نشرة إرشادية.

حصل على جائزة الدولة التشجيعية ووسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى (أكاديمية البحث العلمى – مصر) عام ١٩٨٤، وأربع جوائز عن التأليف العلمى الزراعى (وزارة الزراعة – مصر) عام ١٩٨٤ والجائزة الأولى لندوة الثقافة والعلوم (دبى) عام ١٩٩١.

ويمكن الإطلاع على مؤلفات الدكتور/ أحمد عبدالمنعم حسن فى صفحته على جوجل، وهى:

https://sites.google.com/view/prof-ahmed-hassan-site/home